profil sectoriel

L'industrie du carbure de silicium au Québec et au Canada

Québec

87-01637/

PROFIL SECTORIEL

INDUSTRIE DU CARBURE DE SILICIUM AU QUÉBEC ET AU CANADA

Québec

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Industrie
et du Commerce

Préparé par André Dufour
Direction de la chimie
et de la métallurgie

Publié par la Direction des communications

Dépôt légal, 2e trimestre 1986
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-550-16068-1
© Gouvernement du Québec, 1986

SOMMAIRE

En 1982, le Québec comptait trois usines de carbure de silicium brut, exploitées par les filiales canadiennes, Carborundum Canada, Norton Canada et Produits réfractaires et abrasifs Electro du Canada, d'importantes sociétés américaines. Ce secteur industriel procurait de l'emploi à environ 450 personnes, dans la région de la Mauricie.

Deux autres usines de carbure de silicium, situées à Niagara Falls, en Ontario, complétaient l'éventail des installations de production canadienne de ce produit. En plus de l'industrie du carbure de silicium, l'Ontario possède aussi plusieurs usines importantes d'abrasifs finis, un des secteurs industriels utilisateurs.

La mauvaise conjoncture économique de 1981 - 1982 n'a pas épargné ce secteur, fortement dépendant du degré d'activité de l'industrie manufacturière. La baisse de la demande a entraîné la fermeture d'usines de carbure de silicium dans plusieurs pays. Cette baisse s'est traduite au Québec par la fermeture de l'usine de Cap-de-la-Madeleine, de la compagnie Produits réfractaires et abrasifs Electro du Canada, et le transfert des responsabilités de gestion de l'usine de Carborundum à la compagnie QIT-Fer et Titane, filiale de la multinationale américaine SOHIO. En Ontario, Norton Canada a fermé ses usines dans la région de Niagara Falls.

À la fin de 1983, il ne restait donc plus au Canada que quatre usines de carbure de silicium en activité, comparativement à sept au milieu des années 1970. En dépit de cette vague de fermetures, le Canada a pu conserver et même augmenter sa part de production à l'échelle mondiale.

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE L'INDUSTRIE

- Les usines de carbure de silicium sont très vieilles et techniquement désuètes, et ne respectent pas les normes de pollution établies par les organismes gouvernementaux de protection de l'environnement.

- Les périodes de décroissance économique favorisent l'utilisation de produits substituts moins coûteux que le carbure de silicium.

- Le coût de l'électricité représente le facteur principal quant au lieu d'implantation d'une usine de carbure de silicium.

- Le Canada occupe le premier rang au monde pour la production de carbure de silicium brut.

- L'industrie québécoise du carbure de silicium est fortement intégrée en amont et faiblement intégrée en aval.

- Quelques compagnies fortement intégrées dominent le secteur des abrasifs.

- La plus grande partie du carbure de silicium produit au Canada et au Québec est exportée aux États-Unis, le marché le plus important de ce secteur.

- Le nombre d'emplois au Québec est faible par rapport à l'Ontario dans le secteur aval des abrasifs industriels.

Le Québec détient le premier rang au Canada quant à la capacité de production de carbure de silicium. La disponibilité d'électricité à bas prix a permis au Québec de maintenir son avantage concurrentiel par rapport à l'Ontario et aux États-Unis. C'est pourquoi il est important d'accorder dans les politiques de développement économique du gouvernement du Québec une attention toute spéciale à la tarification d'Hydro-Québec pour le secteur du carbure de silicium.

En ce qui concerne l'offre et la demande, la présence de substituts moins coûteux et l'importance de plus en plus faible des coûts des abrasifs en grains par rapport aux frais de main-d'oeuvre dans la fabrication des abrasifs finis et des réfractaires contribuent à freiner la croissance de la demande créée par le développement de nouveaux marchés.

En dépit de la faiblesse de la demande au cours des dernières années, l'avenir de l'industrie du carbure de silicium au Québec s'annonce quand même prometteur. En effet, selon une firme américaine, on prévoit une croissance annuelle de la valeur des expéditions des abrasifs synthétiques d'environ 18% au cours des 5 prochaines années en Amérique du Nord. Ces prévisions optimistes permettent d'envisager à moyen terme l'implantation d'une usine de carbure de silicium au Québec.

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

SOMMAIRE III

TABLE DES MATIÈRES VII

LISTE DES TABLEAUX XI

LISTE DES GRAPHIQUES XIII

1 - DÉFINITION DE L'INDUSTRIE DU CARBURE DE SILICIUM 1

1.1 Propriétés du carbure de silicium 1

1.2 Description de l'industrie du carbure de silicium 1

2 - ÉVOLUTION DE L'INDUSTRIE À L'ÉCHELLE MONDIALE 5

2.1 Historique de l'industrie au Canada et aux Etats-Unis 5

2.2 Importance actuelle 6

2.3 Production québécoise 14

3 - TECHNOLOGIE, INNOVATION ET R-D 16

3.1 Description du procédé de fabrication 16

3.2 Innovation, recherche et développement 20

4 - CARACTÉRISTIQUES DU MARCHÉ 21

4.1 Marché nord-américain 21

4.1.1 Identification des principaux débouchés 21
4.1.2 Abrasifs liés et appliqués 23
4.1.3 Produits réfractaires 24
4.1.4 Métallurgie de l'acier et de la fonte 26
4.1.5 Autres débouchés 28

PAGE

4.2 Commerce international 30

4.2.1 Principaux pays exportateurs et importateurs 30
4.2.2 Tarifs douaniers 32

5 - APPROVISIONNEMENT: MATIÈRES PREMIÈRES ET ÉNERGIE 33

5.1 Nature et coût des matières premières 33

5.2 Type d'énergie utilisé 36

6 - ENVIRONNEMENT 39

6.1 Législations 39

6.2 Programmes gouvernementaux 39

6.3 Mesures de protection de l'environnement à l'échelle mondiale 40

7 - INVESTISSEMENTS, RENTABILITÉ ET FINANCEMENT 41

8 - RESSOURCES HUMAINES ET PRODUCTIVITÉ 41

9 - CONCURRENCE INTERNATIONALE 45

9.1 Principales entreprises à l'échelle mondiale 45

9.2 Compétitivité des entreprises québécoises 47

9.3 Prix du carbure de silicium 47

9.4 Produits concurrents 48

10 - RECOMMANDATIONS: PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR 50

11 - CONCLUSION 51

PAGE

ANNEXES

1 - Échelles de dureté de différents abrasifs 53

2 - Liste des producteurs canadiens et américains en 1980 54

3 - Liste des fabricants canadiens du secteur des abrasifs, en 1984 55

4 - Liste des producteurs de carbure de silicium, par pays, en 1983 56

BIBLIOGRAPHIE 60

LISTE DES TABLEAUX

PAGE

1 - Intégration du carbure de silicium selon les niveaux de transformation 3

2 - Capacité de production de SiC brut à l'échelle mondiale, en 1980 et en 1984 7

3 - Expéditions de carbure de silicium aux États-Unis et au Canada, en 1970 et de 1975 à 1983 9

4 - Expéditions de carbure de silicium par les fabricants canadiens, en 1970 et de 1975 à 1982 10

5 - Livraisons, importations, exportations et consommation apparente au Canada en 1970 et de 1977 à 1983 12

6 - Capacité de production des usines de SiC au Québec, en 1984 15

7 - Utilisation du carbure de silicium au Canada et aux États-Unis, par secteur industriel, de 1980 à 1983 22

8 - Consommation des composés de silicium par secteur d'utilisation, aux États-Unis, en 1981 27

9A - Exportations canadiennes de carbure de silicium, de 1975 à 1984 31

9B - Tarifs douaniers (nation la plus favorisée) au 1er janvier 1983 32

10A - Spécifications des sables de silice, par producteur québécois 34

PAGE

10B - Granulométrie des sables de silice, par producteur québécois 34

11 - Spécifications techniques du coke de pétrole brut 35

12 - Évolution du tarif d'électricité "L", de 1979 à 1983 ... 36

13 - Consommation québécoise d'électricité, principaux produits de la chimie minérale, fabrication à forte consommation d'électricité (5 MW et plus) 37

14 - Puissance et consommation d'électricité des usines québécoises de SiC, en 1980 38

15 - Emplois au Québec, en Ontario et au Canada dans le secteur des abrasifs, en 1971 et de 1975 à 1982 42

16 - Masse salariale au Québec et au Canada, de 1977 à 1982 44

17 - Comparaison entre le Québec et le Canada pour la moyenne des salaires dans les abrasifs et les produits minéraux non métalliques, de 1977 à 1982 44

18 - Capacité de production des principaux producteurs de SiC à l'échelle mondiale, en 1983 46

19 - Prix des différents types de SiC, en 1983 47

20 - Prix du SiC vert et du SiC noir en Europe, en 1983 48

21 - Abrasifs industriels au Canada et aux Etats-Unis, 1978, 1981 et 1982 49

LISTE DES GRAPHIQUES

PAGE

1 - Carbure de silicium / Expéditions canadiennes et américaines, de 1975 à 1982 8

2 - Carbure de silicium / Expéditions canadiennes, de 1975 à 1982 11

3 - Carbure de silicium / Expéditions, importations et exportations canadiennes, de 1977 à 1982 13

4 - Secteur des abrasifs / Emploi au Québec, en Ontario et au Canada, de 1975 à 1982 43

1 - DÉFINITION DE L'INDUSTRIE DU CARBURE DE SILICIUM

1.1 - Propriétés du carbure de silicium (SiC)

Le carbure de silicium (SiC) est un solide d'apparence vitreuse et cristalline dont la couleur peut varier de vert pâle à gris noir, selon les impuretés qu'il contient. Le SiC est utilisé dans la fabrication d'abrasifs et de produits réfractaires ainsi que dans la métallurgie de l'acier et de la fonte.

Les propriétés principales du carbure de silicium sont, dans le cas des abrasifs, la dureté (annexe 1) et la solidité, dans le cas des produits réfractaires, le haut degré de conductibilité thermique, la résistance élevée à l'abrasion, aux chocs thermiques et aux acides, le faible coefficient de dilatation et la stabilité physique et chimique. En métallurgie, les principales fonctions du SiC sont l'addition de carbone et de silicium au métal en fusion ainsi que son action de désoxydant.

1.2 - Description de l'industrie du carbure de silicium

Historiquement, le carbure de silicium a été lié au secteur industriel des abrasifs puisque, dès sa découverte, il a été utilisé d'abord et avant tout comme abrasif synthétique pour le polissage des pièces métalliques à la place des abrasifs naturels comme le diamant, le grenat et l'émeri.

Cependant, la recherche et le développement ont permis d'agrandir le champ de ses applications industrielles. Aujourd'hui, en plus d'être utilisé comme abrasif, le SiC est aussi fortement utilisé dans les réfractaires et dans la fabrication des aciers et de la fonte.

L'industrie du SiC comprend trois phases de transformation. Les usines de la première étape produisent un carbure de silicium brut à partir d'un mélange de sable de silice et de coke

de pétrole que l'on traite au moyen d'un procédé électrochimique. Le carbure de silicium en blocs ainsi produit est concassé avant d'être acheminé vers les usines de grains de la 2e étape et les marchés des aciéries et fonderies.

À la seconde étape, le grain de SiC brut est broyé, purifié, tamisé, calibré et classé dans des usines de grains, avant d'être expédié aux usines d'abrasifs. Enfin, à la 3e phase, les grains de SiC calibrés pourront servir à la fabrication de meules et d'abrasifs appliqués ou, tels quels, pour le décapage au jet, le sciage de la pierre et la fabrication des produits réfractaires.

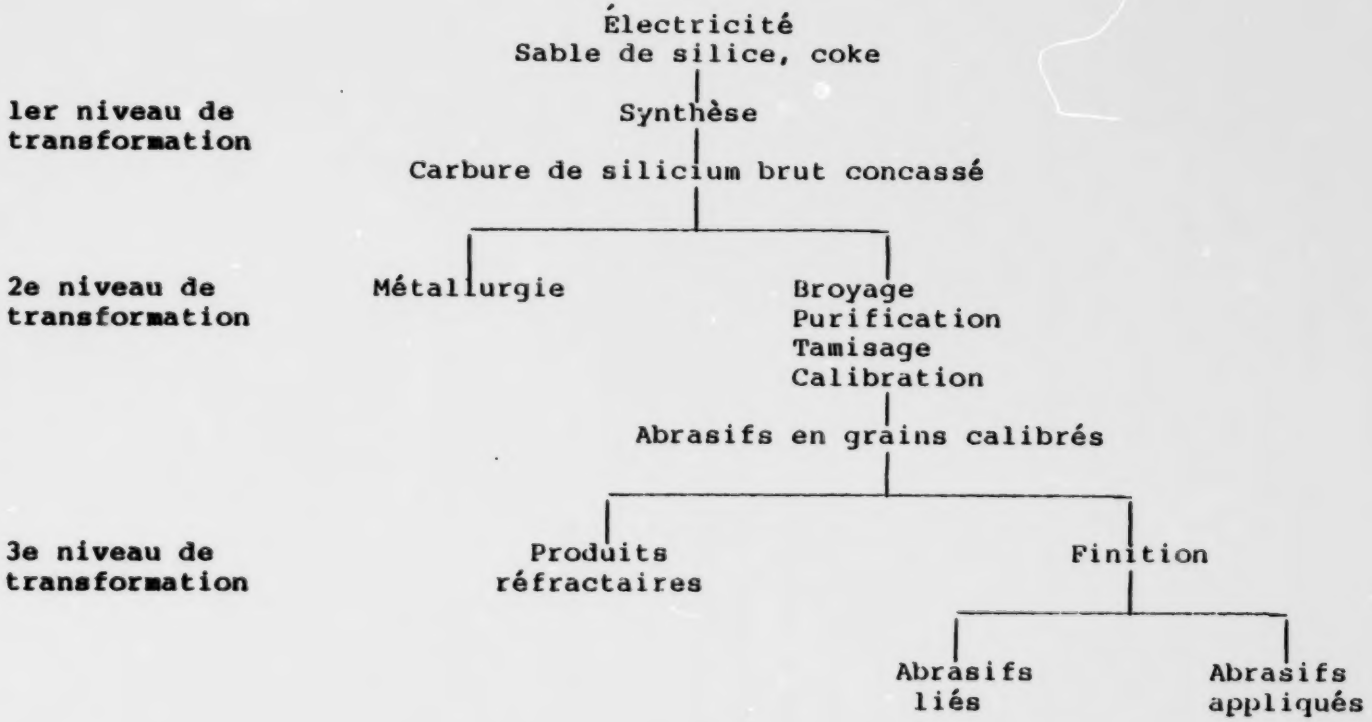
Les abrasifs liés ou meules sont fabriqués à partir de grains de SiC qu'on mélange avec un liant pour ensuite les mouler sous différentes formes relativement solides et rigides. La variété de produits finis est très vaste et dépend de l'usage auquel on les destine.

Les abrasifs appliqués sont fabriqués à partir de grains de SiC qu'on colle sur un matériau de support tel que le papier, la toile ou des fibres vulcanisées, et on les retrouve sous des formes diverses telles que les disques, les courroies, les feuilles ou encore les rouleaux. La colle employée peut être d'origine animale ou synthétique, comme la résine.

Afin de mieux faire saisir quels sont les différents niveaux de transformation, nous présentons au tableau 1 les différentes composantes de l'industrie du SiC.

TABLEAU 1

INTÉGRATION DU CARBURE DE SILICIUM SELON LES NIVEAUX DE TRANSFORMATION



SOURCE: Gaucher & Springle, Etude d'opportunité d'implantation industrielle au Québec dans le domaine des matières abrasives, mars 1977.

La présente étude vise à examiner les activités de l'industrie du SiC brut ainsi que des marchés qui y sont reliés. Nous nous arrêterons peu sur l'industrie de la classification des grains. Ainsi, nous ferons un rappel historique des principaux faits saillants de l'industrie du SiC au Canada et aux États-Unis et de l'évolution de la production à l'échelle mondiale, nord-américaine et canadienne. Nous décrirons ensuite le procédé de fabrication et les matières premières utilisées.

Par la suite, nous identifierons les segments du marché du carbure de silicium et les analyserons. Nous ferons le point sur le commerce international et la concurrence. Nous aborderons la question de l'environnement, des investissements et des emplois du secteur au Canada. Pour terminer, nous élaborerons sur les perspectives de développement du secteur au Québec, en tirerons un certain nombre de conclusions et proposerons une politique gouvernementale susceptible de favoriser le développement de l'industrie du carbure de silicium au Québec.

2 - ÉVOLUTION DE L'INDUSTRIE À L'ÉCHELLE MONDIALE

2.1 - Historique de l'industrie au Canada et aux États-Unis

Jusqu'à la fin du 19e siècle, la plupart des abrasifs industriels étaient fabriqués à l'aide de matières abrasives naturelles, comme le grenat, l'émeri et le diamant. C'est l'Américain Acheson qui, en analysant les effets du chauffage d'un mélange d'argile et de carbone dans un four découvrit les premiers critaux de carbure de silicium. À la suite de cette découverte, une compagnie fut formée, Carborundum, qui négocia une entente à long terme pour l'obtention d'un bloc d'électricité avec la société hydroélectrique Niagara Falls. Carborundum entreprit la construction de la première usine de SiC en 1896 et commença la production en 1901, en utilisant le four Acheson, mis au point par l'inventeur du même nom. Ce procédé est encore celui employé de nos jours. Carborundum érigea un deuxième complexe à Shawinigan au Québec dès les années 1910 à la suite d'un accord avec la compagnie d'hydroélectricité Shawinigan Power.

Les succès de Carborundum entraînèrent la construction d'autres complexes de production de SiC en Amérique du Nord:

- Norton	Chippawa (Ontario)	1910
- Exolon	Niagara Falls (Ontario)	1914
- General Abrasives	Niagara Falls (Ontario)	1932
- Norton	Cap-de-la-Madeleine (Québec)	1949
- Ferro Corporation	Cap-de-la-Madeleine (Québec)	1949
- Carborundum	Vancouver (U.S.)	1949
- General Abrasives	Niagara Falls (Ontario)	1950
- Carborundum	Jackboro (Tennessee)	1970
- E.S.K. Corporation	Hennipin (Illinois)	1970

La production mondiale de SiC, qui s'élevait à 10 000 tonnes métriques en 1920, est passée à 100 000 tonnes en 1940, puis à 400 000 tonnes en 1960. Après avoir atteint un sommet en 1980, soit 650 000 tonnes métriques, elle est revenue à environ 400 - 450 000 tonnes métriques en 1983, à la suite de la fermeture d'unités de production (tableau 2).

2.2 - Importance actuelle

Depuis le début du 20e siècle, les abrasifs synthétiques comme le carbure de silicium et l'alumine fondue ont progressivement remplacé les matières abrasives naturelles. Selon les analystes du U.S. Bureau of Mines, les abrasifs naturels ne représentaient plus, en 1980, que 25% des abrasifs industriels, comparativement à 75% pour les abrasifs synthétiques. En termes de quantité, l'alumine fondue et le carbure de silicium dominent largement les autres abrasifs synthétiques avec une production totale de 325 000 tonnes métriques et une valeur de 140 millions de dollars U.S., en 1981. D'autres abrasifs synthétiques tels que le carbure de bore, le nitrure de bore et l'oxyde de zirconium, sont produits en petites quantités.

En 1980, les États-Unis occupaient le troisième rang après le Canada et le Japon pour la production de carbure de silicium. Cependant, la hausse subséquente des coûts de l'électricité, les mesures de protection de l'environnement et la baisse de la demande ont forcé la compagnie Carborundum à fermer ses usines de SiC à Jackboro, Tenn., et à Niagara Falls, N.Y. Ces fermetures ont fait que la capacité de production de la firme est passée de 75 000 tonnes métriques en 1980 à 25 000 tonnes métriques en 1983. Le tableau 3 illustre l'évolution des livraisons de carbure de silicium des producteurs américains au cours des années 1970 à 1983.

TABLEAU 2

CAPACITÉ DE PRODUCTION DE SiC BRUT À L'ÉCHELLE MONDIALE, EN 1980 ET EN 1984

PAYS	CAPACITÉ DE PRODUCTION Quantité (000 t)		% DE LA CAPACITÉ TOTALE	
	1980	1984	1980	1984
AMÉRIQUE DU NORD				
Canada	100,0	92,0	14,4	14,5
Etats-Unis	85,0	47,0	12,3	7,4
Mexique	10,0	10,0	1,4	1,6
Total partiel	195,0	149,0	28,2	23,4
AMÉRIQUE DU SUD				
Brésil	18,0	18,0	2,6	2,8
Argentine	1,5	1,5	0,2	0,2
Total partiel	19,5	19,5	2,8	3,0
EUROPE DE L'OUEST(1)				
Norvège	70,0	77,0	10,1	12,0
Pays-Bas	46,0	46,0	6,7	7,2
Italie	40,0	25,0	5,8	3,9
France	18,0	18,0	2,6	2,8
Allemagne de l'Ouest	20,0	20,0	2,9	3,1
Suisse	10,0	10,0	1,4	1,6
Espagne	8,0	12,0	1,2	1,9
Total partiel	212,0	208,0	30,7	32,7
ASIE				
Japon	95,0	89,0	13,8	14,0
Inde	15,0	15,0	2,2	2,4
Total partiel	110,0	104,0	16,0	16,4
PAYS COMMUNISTES(2)				
Total partiel	155,0	155,0	22,4	24,4
TOTAL	691,5	635,5	100,0	100,0

(1) Les coûts de l'électricité peuvent y jouer un rôle particulièrement déterminant quant au degré d'utilisation des capacités de production.

(2) Pays communistes: URSS, Pologne, Tchécoslovaquie, Yougoslavie, Chine.

SOURCE: Industrial Minerals, décembre 1980, février 1983.
Chem. Ind., Markt Information, juin 1983.

GRAPHIQUE 1

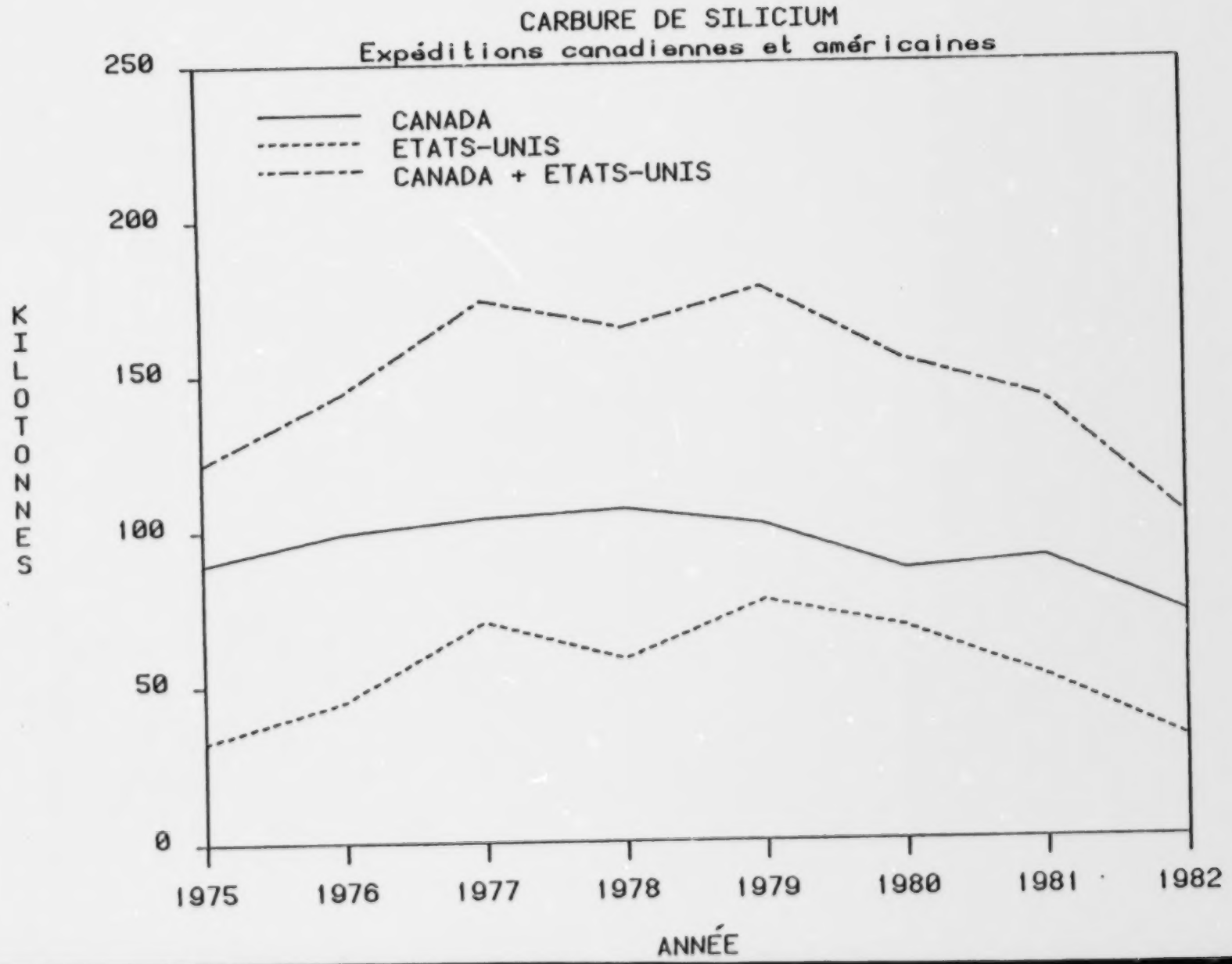

CARBURE DE SILICIUM
Expéditions canadiennes et américaines
CANADA
ETATS-UNIS
CANADA + ETATS-UNIS
250
200
150
100
50
0
KILOTONNES
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
ANNÉE

TABLEAU 3

EXPÉDITIONS DE CARBURE DE SILICIUM AUX ÉTATS-UNIS ET AU CANADA, EN 1970, ET DE 1975 À 1983

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA + ÉTATS-UNIS	
	Quantité (000 t)	Quantité (000 t)	Valeur(1) (000 $)
1970	47,4	151,5	24 038
1975	32,3	121,6	31 842
1976	45,0	144,2	45 953
1977	70,1	174,1	53 814
1978	58,3	165,1	51 371
1979	76,6	177,9	62 702
1980	67.8	154,2	64 346
1981	51,5	141,5	68 839
1982	31,6	101,6	54 507
1983(2)	nd(3)	98,9	52 016

(1) Valeur de la production en dollars U.S.
(2) Préliminaires.
(3)nd: Non disponible.

SOURCE: U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook, Abrasives Materials.

Selon le tableau 3, le choc pétrolier de 1973 et la récession de 1981-1982 ont eu des effets néfastes sur la production de carbure de silicium aux États-Unis. On estime qu'en 1983 la baisse a continué en raison de la fermeture de l'usine de la compagnie Carborundum, à Vancouver, dans l'État de Washington. Il ne reste que deux usines de SiC en activité actuellement aux États-Unis: l'usine de la compagnie ESK, à Hennipin, en Illinois, et l'usine de la compagnie Satellite Alloy, à Springdale, en Pennsylvanie. Cette dernière compagnie se consacre entièrement à la production de SiC pour la métallurgie. En 1983, la firme ouest-allemande ESK et la firme américaine Exolon se sont associées afin de combiner leurs efforts de production de carbure de silicium et d'alumine fondue pour répondre aux besoins de leurs clients respectifs.

Le ralentissement de l'activité économique nord-américaine au début des années 1980 a également affecté la production canadienne de carbure de silicium, mais dans une moindre mesure, comme l'indique le tableau 4. La fermeture des usines de la compagnie Norton, à Niagara Falls et à Chippawa, en Ontario, a fortement contribué à cette baisse de production.

TABLEAU 4

EXPÉDITIONS DE CARBURE DE SILICIUM PAR LES FABRICANTS CANADIENS, EN 1970, ET DE 1975 À 1982

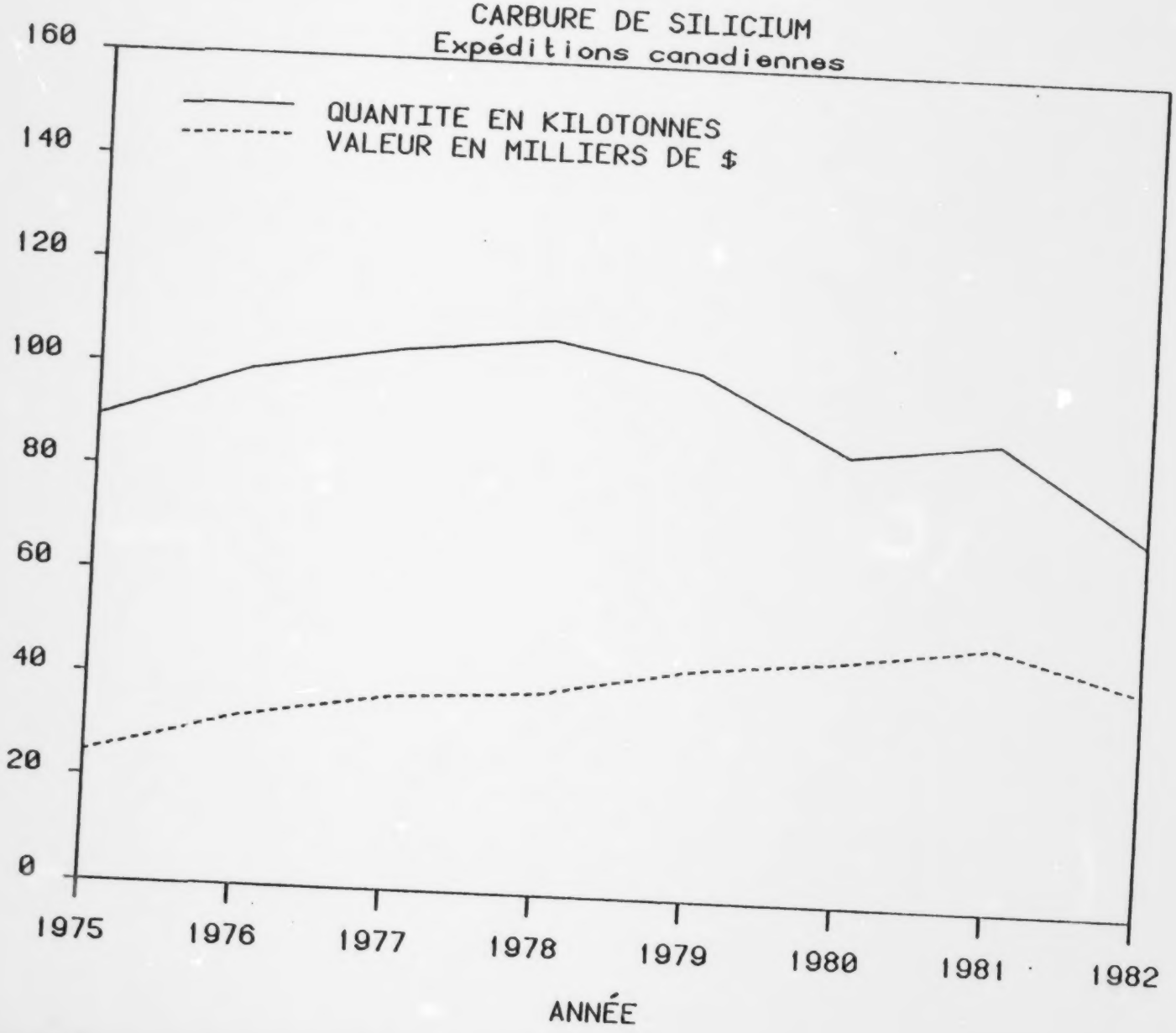
ANNÉE	QUANTITÉ (000 t)	VALEUR (000 $)	ÇANADA/CANADA + ETATS-UNIS (%)
1970	104,1	17 653	68,7
1975	89,3	24 597	73,4
1976	99,2	32 116	68,8
1977	104,0	36 965	59,7
1978	106,8	38 763	65,2
1979	101,3	44 108	56,9
1980	86,4	46 897	56,0
1981	89,9	50 758	63,6
1982	71,4	42 913	69,3

SOURCES: Statistique Canada, cat. no. 44-202, Fabricants d'abrasifs, 1975 à 1980.

Statistique Canada, cat. no. 44-220, Produits minéraux non métalliques, 1981 - 1982.

Au Canada, la valeur des expéditions a triplé durant la période 1970 à 1981, alors que la quantité est demeurée sensiblement la même. La majorité de la production canadienne a été exportée vers les usines américaines de grains de SiC.

GRAPHIQUE 2


CARBURE DE SILICIUM
Expéditions canadiennes
QUANTITE EN KILOTONNES
VALEUR EN MILLIERS DE $
160
140
120
100
80
60
40
20
0
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
ANNÉE

À la lecture des tableaux 3 et 4, on peut constater que, durant les périodes de faible demande, la réduction des expéditions se fait surtout sentir aux États-Unis, alors qu'au Canada, on enregistre peu de variations importantes. On peut conclure que les producteurs américains préfèrent alors exploiter leurs usines canadiennes en raison des bas tarifs d'électricité. Le tableau 5 illustre le niveau des livraisons, des importations, des exportations et de la consommation apparente au Canada au cours de l'année 1970 et de la période 1977 à 1983.

TABLEAU 5

LIVRAISONS, IMPORTATIONS, EXPORTATIONS ET CONSOMMATION APPARENTE AU CANADA, EN 1970, ET DE 1977 À 1983

ANNÉE	LIVRAISONS (000 t)	IMPORTATIONS (1) (000 t)	EXPORTATIONS (000 t)	CONSOMMATION APPARENTE (2) (000 t)
1970	104,1	4,0	96,1	12,0
1977	104,0	4,0	86,0	22,0
1978	106,8	4,6	107,3	4,1
1979	101,2	4,2	84,4	21,0
1980	86,4	6,3	72,4	20,3
1981	90,0	6,4	67,1	29,3
1982	71,4	6,4	57,9	19,9
1983	nd	11,1	64,7	nd

SOURCES: Statistique Canada, cat. n° 44-202, fabricants d'abrasifs.

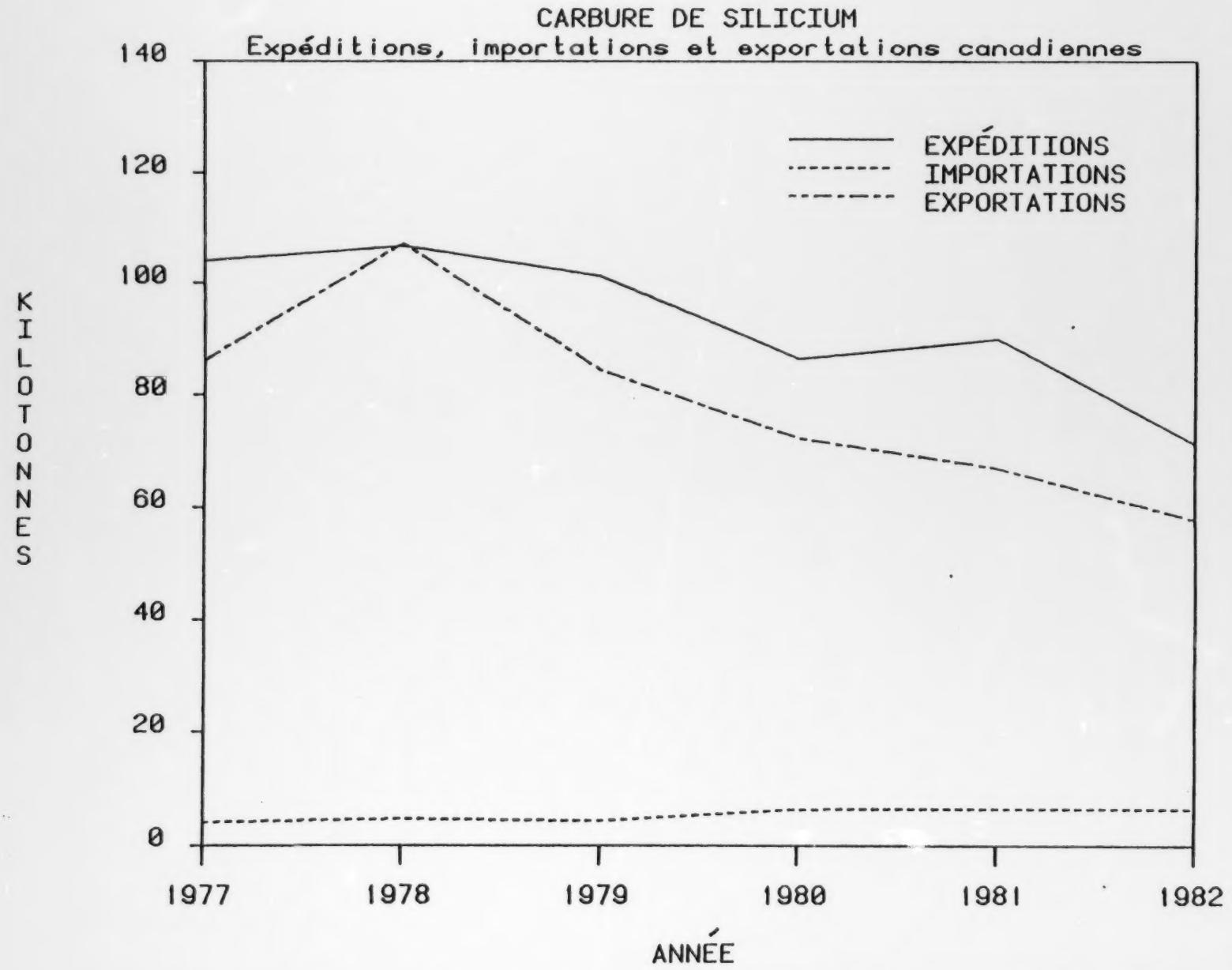
Statistique Canada, cat. n° 44-220, produits minéraux non métalliques.

Statistique Canada, cat. n° 65-207, Importations.

(1) Importations = Carbure de silicium en grains

(2) Consommation apparente = Livraisons + Importations - Exportations.

GRAPHIQUE 3


CARBURE DE SILICIUM
Expéditions, importations et exportations canadiennes
EXPÉDITIONS
IMPORTATIONS
EXPORTATIONS
KILOTONNES
140
120
100
80
60
40
20
0
1977
1978
1979
1980
1981
1982
ANNÉE

La consommation apparente canadienne de carbure de silicium s'élevait, en 1981, à 29 300 tonnes métriques et, en 1982, à 19 900 tonnes métriques, ce qui représente environ 28% et 32% des livraisons totales. La majeure partie du carbure de silicium brut consommé au Canada sert principalement à la fabrication d'acier et de fonte, et à l'industrie du granite. Une partie du carbure de silicium, réimportée sous forme de grains après avoir été tamisée et calibrée aux États-Unis, est utilisée dans les usines canadiennes de meules et de produits à revêtement abrasif. À la fin de l'étude, on retrouvera une liste des producteurs canadiens et américains de carbure de silicium brut (annexe 2).

2.3 - Production québécoise

Au Québec, les sociétés américaines Carborundum, Norton et Ferro Corporation exploitaient, en 1982, des usines de carbure de silicium brut à Shawinigan et à Cap-de-la-Madeleine (tableau 6). Au milieu de l'année 1983, la compagnie Electro du Canada, filiale de Ferro Corporation, de Buffalo, N.Y., annonçait la fermeture de ses installations de Cap-de-la-Madeleine. De plus, à la suite de la décision du groupe Standard Oil of Ohio (SOHIO), propriétaire de la compagnie Carborundum, de fermer ou de vendre ses usines d'abrasifs liés et appliqués, l'usine de Shawinigan, produisant du SiC brut, fut confiée à la gestion de la société QIT-Fer et Titane, autre compagnie affiliée à SOHIO.

La majorité de la production québécoise de SiC brut est exportée aux États-Unis dans les usines de grains affiliées aux compagnies mentionnées ci-dessus.

TABLEAU 6

CAPACITÉ DE PRODUCTION DES USINES DE SiC AU QUÉBEC, EN 1984

COMPAGNIE	EMPLACEMENT DE L'USINE	CAPACITÉ ANNUELLE (t)	%
SOHIO ELECTRO MINERALE (1)	Shawinigan	35 000	54
NORTON CANADA	Cap-de-la-Madeleine	18 000	30
ELECTRO DU CANADA (2)	Cap-de-la-Madeleine	7 500	16
T O T A L		60 500	100

(1) Connue sous le nom de Carborundum Canada
(2) Fermée en juin 1983

Sohio Electro Minérale destine environ 10% de sa production de Shawinigan au sciage de la pierre, 40% au marché des abrasifs liés et appliqués, 20% aux produits réfractaires et 30% à la désoxydation de l'acier et de la fonte. La décision de SOHIO de fermer les usines américaines d'abrasifs finis de Carborundum pourrait signifier, pour l'usine de Shawinigan, la perte de son marché captif et l'obligation d'améliorer sa productivité afin de développer de nouveaux marchés.

Norton Canada exporte 90% de sa production aux États-Unis. Le reste de cette production (10%) est utilisé dans les aciéries et les fonderies canadiennes comme désoxydant.

La répartition des marchés de l'usine de Cap-de-la-Madeleine est la suivante:

Abrasifs industriels:	60%
Produits réfractaires:	20%
Métallurgie:	15%
Autres:	5%
TOTAL:	100%

3 - TECHNOLOGIE, INNOVATION ET R-D

3.1 - Description du procédé de fabrication

La fabrication du carbure de silicium s'effectue à partir de sable de silice très pur et de coke de p ole, sous-produit du raffinage du pétrole, au moyen d'un prc électrochimique, dans un four Acheson. La qualité du mélange silice-coke et le contrôle de la température jouent un rôle important dans la formation des cristaux de SiC. En plus, on ajoute dans le four, du carbure de silicium non formé, obtenu lors de réactions précédentes, de l'oxyde d'aluminium, du bran de scie et du graphite synthétique.

Le graphite synthétique, qui représente environ 13% de la charge du four, est utilisé pour transmettre l'énergie électrique à travers le mélange silice-coke. L'oxyde d'aluminium sert à noircir le carbure de silicium durant la réaction. La sciure de bois en brûlant pendant la synthèse silice-coke assure une porosité permettant aux gaz produits, surtout le monoxyde de carbone, de circuler librement à travers la charge. Le bran de scie constitue environ 10% de la charge du fou La réaction chimique pour la formation de carbure de sili m est la suivante:

$$SiO_2 + 3C \longrightarrow SiC + 2CO$$

Nous décrirons plus en détail aux paragraphes ci-dessous les différentes étapes du procédé de fabrication du carbure de silicium.

La formation du carbure de silicium est effectuée dans un four dont les dimensions dépendent des volumes de production prévus lors de la conception de l'usine, mais dont les proportions sont relativement semblables (15 mètres X 3 mètres X 3 mètres). Les murs de briques réfractaires des deux extrémités du four sont permanents et contiennent chacun une électrode de carbone

raccordée à un transformateur de courant continu. Les deux électrodes sont reliées l'une à l'autre par un noyau de graphite synthétique. Les murs des côtés du four sont amovibles.

Les principales matières premières, le coke et la silice, sont d'abord pesées et mélangées selon des proportions précises. Ensuite, on verse une partie de ce mélange dans le four, jusqu'au niveau des électrodes. À ce stade, on ajoute le graphite synthétique de façon à relier les deux électrodes et, enfin on termine le remplissage avec le mélange de matières premières ou de produits recyclés. On place aussi du coke de pétrole calciné à plus haute teneur en carbone (99%) à côté de la couche de graphite afin d'assurer le renouvellement du graphite synthétique. Une fois le chargement du four terminé, on applique les bancs d'alimentation électrique aux électrodes de carbone.

Une période de 18 heures est requise pour atteindre une température d'environ 2 200 à 2 400 °C, que l'on maintient pendant les 18 heures suivantes afin de permettre les réactions chimiques nécessaires à la formation du carbure de silicium. Ensuite, on coupe le courant électrique et on laisse refroidir le produit pendant une période de 40 heures. À la fin de la période de refroidissement, on enlève les côtés du four pour extraire le carbure de silicium brut. La couche supérieure du mélange est enlevée pour être recyclée par la suite. Après cette étape, le carbure de silicium formé, le graphite et le mélange silice-coke, non synthétisé ou partiellement synthétisé, sont retirés du four et séparés les uns des autres. Le carbure de silicium formé est acheminé vers l'entrepôt pour être expédié, le graphite est conservé pour être réutilisé, le mélange non synthétisé est recyclé, et le mélange partiellement synthétisé est vendu à l'industrie métallurgique ou recyclé pour la production ultérieure de carbure de silicium de plus haute qualité.

La couleur détermine le degré de pureté du SiC formé. Le carbure vert pâle est le plus pur (99,8%) suivi du vert foncé (99,5%) du noir (99%) du gris noirâtre, (90% à 99%) et du gris (moins de 90,0%). La majeure partie de la production québécoise se compose de carbure de silicium noir et de gris noirâtre. Les impuretés sont constituées surtout de carbone libre, d'alumine (Al_2O_3), de sesquioxyde de fer (Fe_2O_3), de fer libre.

Un cycle complet de fabrication dure environ 108 heures, selon la séquence suivante:

	DURÉE (heures)
Élévation de la température (0 - 2 400°C)	18
Réaction chimique (2 000°C)	18
Refroidissement dans le four	20
Enlèvement de la charge non synthétisé (dans le haut du four)	4
Refroidissement dans le wagon	32
Enlèvement de la charge non synthétisé (dans le bas du four)	4
Déchargement/chargement du wagon	8
Temps additionnel	4
TOTAL	108

Le contrôle de la température est très important. Si elle est trop élevée, le SiC se dissocie, la silice se volatilise et le carbone se transforme en graphite. Si elle est trop basse, la formation du cristal de SiC est incomplète et des particules de graphite apparaissent dans la structure cristalline, ce qui entraîne une rupture prématurée du grain, lors de son utilisation en aval dans les abrasifs liés et appliqués.

Il existe deux sortes de structures cristallines de SiC: la structure hexagonale, dite SiC alpha (a), et la structure cubique, dite SiC bêta (B). Les caractéristiques du carbure de silicium brut sont les suivantes:

Poids spécifique	13,2 kg/dm^3
Dureté (Mohs)	9,4
Point de fusion	Se décompose à 2 250 - 2 300°C
Résistance	Fragile
Point d'oxydation	800°C

À température élevée (environ 800°C) le carbure de silicium s'oxyde facilement. L'oxydation du SiC entraîne la formation de cristobalite(1) et de silicium amorphe; cette transformation provoque une augmentation de volume, qui peut entraîner une désagrégation du produit contenant du SiC. La présence de vapeur d'eau en milieu oxydant accélère de façon importante le processus d'oxydation. Les principaux milieux oxydants sont l'anhydride sulfureux, l'oxyde de cuivre, l'oxyde de fer, l'oxyde de carbone et le bioxyde de carbone, à température élevée. L'oxydation du SiC constitue, avec son coût élevé, un des aspects négatifs, qui limitent son utilisation. Au chapitre suivant, nous parlerons des innovations importantes dans l'industrie du SiC et des travaux de recherche et de développement.

---

(1) Cristobalite: variété de silice

3.2 - Innovation, recherche et développement

Jusqu'à récemment, le procédé de fabrication est demeuré presque inchangé, depuis l'introduction du four Acheson au début des années 1900. Cependant, aux États-Unis, la compagnie Superior Graphite Co. a mis au point récemment un procédé de fabrication en continu du carbure de silicium, dont elle fait présentement l'essai. Ce nouveau procédé s'avèrerait moins énergivore et abaisserait le coût unitaire de production. Par contre, le carbure de silicium obtenu serait très impur et ses grains, très fins. Cela limiterait le champ d'application du nouveau produit à l'industrie métallurgique de l'acier et de la fonte. Par ailleurs, aux États-Unis, il se fait beaucoup de recherche pour découvrir de nouveaux produits à base de carbure de silicium, tels que certaines céramiques utilisées, par exemple, dans les industries aérospatiale, automobile et chimique.

Au Japon, on emploie de plus en plus le carbure de silicium dans les produits réfractaires de type monolithique(1). Cette addition de carbure de silicium, jusqu'à un maximum de 25% de la charge, permet d'améliorer la résistance au choc thermique et de modifier les effets de l'expansion des produits réfractaires. À cette fin, les japonais ont créé un grain très fin de carbure de silicium. La recherche japonaise est aussi très poussée dans le domaine des céramiques à base de carbure de silicium, pour certaines applications spécialisées d'ingénierie.

Au Québec, les compagnies travaillent à l'amélioration des procédés de fabrication du carbure de silicium. Par exemple, la compagnie Norton Canada fait actuellement l'essai d'un nouveau four hermétique, qui réduit les émissions de poussière de silice dans l'atmosphère, ce qui améliore sensiblement les conditions de travail des employés de l'usine.

---

(1) Monolithique: fabriqué d'un seul bloc

4 - CARACTÉRISTIQUES DU MARCHÉ

4.1 - Marché nord-américain

4.1.1 - Identification des principaux débouchés

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le carbure de silicium est utilisé principalement dans les trois secteurs industriels suivants: la fabrication d'abrasifs industriels, la fabrication de produits réfractaires, et la métallurgie de l'acier et de la fonte. Le tableau 7 illustre l'importance de l'utilisation du carbure de silicium pour chacun de ces secteurs, au Canada et aux États-Unis.

À la lecture de ce tableau, on constate qu'au cours de la période 1980 - 1983, l'utilisation du carbure de silicium comme désoxydant dans la fabrication de fonte et d'acier représentait le marché le plus important, avec environ 39-46% des expéditions totales, suivi de celui des abrasifs, avec 30-38%, des produits réfractaires, avec 15-25%, et des autres débouchés, avec 3%.

La consommation de carbure de silicium est passée de 154 243 tonnes métriques en 1980 à 98 975 tonnes métriques en 1983, soit une baisse de 55 268 tonnes. C'est surtout dans le secteur de la métallurgie qu'on retrouve la diminution la plus importante avec 32 636 tonnes métriques de moins en 1983 par rapport à 1980. Afin d'évaluer la croissance de la demande de carbure de silicium, on analysera chacun des secteurs d'utilisation dans les chapitres suivants.

TABLEAU 7

UTILISATION DU CARBURE DE SILICIUM AU CANADA ET AUX ÉTATS-UNIS, PAR SECTEUR INDUSTRIEL, DE 1980 À 1983

SECTEUR D'UTILISATION	QUANTITÉ (tonnes)				POURCENTAGE			
	1980	1981	1982	1983	1980	1981	1982	1983
Abrasifs industriels	46 787	53 452	36 620	36 194	30	38	36	36
Produits réfractaires	34 631	21 406	18 685	24 406	23	15	18	25
Métallurgie	71 011	62 089	46 495	38 375	46	44	46	39
Divers(1)	1 814	4 497	-	-	1	3	-	-
T O T A L	154 243	141 444	101 800	98 975	100	100	100	100

SOURCE: U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook, Abrasive Materials

(1): Divers inclus dans les produits réfractaires en 1982 et 1983

4.1.2 - Abrasifs liés et appliqués

Les abrasifs à base de carbure de silicium se retrouvent sous deux formes principales; les abrasifs liés (meules) et les abrasifs appliqués (produits à revêtement abrasif). Le SiC vert, pâle ou foncé, constitue l'abrasif lié par excellence. Il est plus friable que le SiC noir et se décompose plus uniformément lors de la coupe des pièces métalliques, permettant une meilleure finition. Cependant, le SiC noir est moins coûteux et peut être utilisé dans une foule de domaine à cause de sa dureté supérieure. Très souvent, on utilise de préférence le SiC noir, car le coût plus élevé du SiC vert, pâle ou foncé, ne justifie pas, la plupart du temps, la différence de qualité de la finition. Dans les abrasifs liés et appliqués, l'alumine fondue devance de loin le carbure de silicium en raison de son prix inférieur, et de ses qualités à peu près égales.

La classification des grains d'abrasifs constitue une activité très importante, car l'uniformité de la dimension du grain est essentielle si l'on veut obtenir une finition de qualité. D'ailleurs, afin d'assurer la qualité de l'abrasif, les producteurs de grains ont établi des standards et des procédures très précis pour le contrôle de la qualité. La dimension de la majeure partie des grains de SiC utilisés dans l'industrie se situe entre 8 et 220 mailles; c'est ce que l'on appelle des "grains grossiers". Quelques producteurs fabriquent des grains de 230 à 1 200 mailles, appelés "grains fins", que l'on obtient par un procédé de classification à l'eau. Par conséquent, les grains fins coûtent plus cher que les grains grossiers et leur prix augmente avec leur finesse. La production de grains fins est plus importante en Europe qu'aux États-Unis.

La demande de grains de SiC plus fins continue de croître, au détriment des grains grossiers, car les fabricants de pièces en acier et en fonte améliorent sans cesse la finition de leurs produits. La majorité des abrasifs appliqués à base de carbure

de silicium se retrouvent sous les formes suivantes: le papier à l'épreuve de l'eau, les disques, les courroies et les rouleaux en toile. Cependant, leur prix élevé en limite l'utilisation.

L'industrie des abrasifs est très conservatrice en ce qui concerne les utilisations, les spécifications et les marchés. Au cours des dernières années, le seul changement important fut l'apparition de meules à base d'oxyde d'aluminium et de zirconium qui ont remplacé celles à base de SiC, plus coûteuses et inférieures en performance.

Pourtant, en dépit de certaines menaces (substitutions, évolution du marché et autres) pour les prochaines années, la demande de carbure de silicium pour la fabrication d'abrasifs liés et appliqués apparaît très prometteuse. En effet, selon la firme américaine, Predicast, spécialiste des études de marché, la croissance de la valeur de la production d'abrasifs synthétiques de base atteindrait 18% par an au cours des 5 prochaines années aux États-Unis et au Canada.

4.1.3 - Produits réfractaires

Les réfractaires servent d'abord dans les fours utilisés pour la fusion des minéraux et des métaux. La demande dans ce secteur est appelée à baisser à cause des bas niveaux de production des métaux. Un produit réfractaire à base de carbure de silicium étant considéré comme coûteux, son utilisation se limite à des domaines spécifiques, où ses propriétés parviennent à améliorer sensiblement la performance. Des propriétés mécaniques, telles que la résistance au choc thermique, la haute conductibilité et le faible coefficient de dilatation permettent d'utiliser les réfractaires de carbure de silicium dans la fabrication des produits suivants:

- Tuiles de centre de fours;
- Tuiles intérieures de fournaises;
- Équipement mobile pour fournaises;
- Rails intérieurs de dérapage pour fournaises;
- Revêtement de cellules de réduction d'aluminium;
- Revêtement de hauts fourneaux.

Le carbure de silicium est généralement mélangé à un liant, soit à base d'oxyde, soit constitué de nitrure, pour la fabrication de produits réfractaires. Il arrive également que le SiC ne soit mélangé à aucun liant (autoliaison). La résistance des pièces à base de SiC dépend le plus souvent de la qualité du liant utilisé. Les liants les plus employés sont les suivants: l'argile, le silicate d'éthyl, le nitrure de silicium et le silicium.

Les produits réfractaires de carbure de silicium sont fabriqués en mélangeant le carbure de silicium avec le liant choisi. Après le façonnage et le séchage, les pièces sont cuites à environ 1 470°C. À cette température, l'additif fond et se vitrifie, cimentant ainsi entre eux les grains de carbure de silicium. Le produit réfractaire à base de SiC et à liant de nitrure de silicium offre une meilleure qualité que celui à base de SiC et à liant à base d'oxyde, mais son coût est relativement supérieur. Les produits réfractaires autoliants(1) de SiC sont limités à des applications d'ingénierie en raison de leur coût beaucoup plus élevé.

---

(1): Autoliants: qui ne nécessitent aucun additif extérieur pour la cimentation des grains.

Les produits réfractaires à base de carbure de silicium sont chimiquement résistants aux produits de la combustion et possèdent des propriétés isolantes permettant de maintenir la chambre de combustion des fours à la température appropriée.

Le faible taux d'utilisation de la capacité des fours joue contre l'emploi des réfractaires de carbure de silicium. On emploie donc plus souvent des réfractaires moins coûteux et de plus faible qualité au lieu de produits de carbure de silicium durant les périodes économiques difficiles. La faiblesse de l'activité économique surtout dans les secteurs lourds a entraîné une baisse de la demande pour les produits réfractaires, en 1982-83, par rapport à 1980, en Amérique du Nord. La reprise de la demande de carbure de silicium pour les produits réfractaires dépendra de l'activité économique dans les secteurs primaire et secondaire.

4.1.4 - Métallurgie de l'acier et de la fonte

L'addition de carbure de silicium comme agent désoxydant dans la fabrication de fontes constitue l'utilisation la plus importante du SiC en Amérique du Nord. Cependant, cette matière est en compétition avec le ferro-silicium, qui demeure le plus important agent désoxydant en raison de son prix inférieur. Le carbure de silicium est ajouté à la fonte en fusion dans les hauts fourneaux pour la récupération du silicium et du carbone, et aux aciers spéciaux dans les fours électriques, pour la réduction et la récupération du silicium et du carbone. Cependant, en raison de la faible teneur en carbone des aciers, les fabricants utilisent de moins en moins le carbure de silicium comme désoxydant. Le tableau 8 présente la consommation des composés de silicium pour la fabrication d'acier et de fonte, aux États-Unis, en 1981.

Un autre avantage important de l'emploi du carbure de silicium dans la fabrication de la fonte réside dans le fait que, les petites particules de silice et de carbone agissent comme des nodules(1). En agissant ainsi, ces particules assurent une meilleure distribution du graphite et améliorent la cristallisation de celui-ci, ce qui résulte en un produit fini de meilleure qualité.

TABLEAU 8

CONSOMMATION DES COMPOSÉS DE SILICIUM PAR SECTEUR MÉTALLURGIQUE, AUX ÉTATS-UNIS, EN 1981

SECTEUR	SILICIUM (5-24 % Si) (000 t)	FERRO-SILICIUM (25-95 % Si) (000 t)	SILICIUM METAL (96-99 % Si) (000 t)	CARBURE DE SILICIUM (63-70 % Si) (000 t)
Acier	0,8	245,5	5,7	0,3
Fonte	35,7	143,1	25,4	23,3
Alliages spéciaux	0,2	5,9	53,7	-
Autres	-	14,7	56,0	-
TOTAL	36,7	409,2	141,2	23,6
%	6	67	23	4

SOURCE: U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook, Silicon

(1) Nodules: petites sphères

Au Canada, les importants producteurs d'acier et de fonte, tels que Dofasco, Algoma et Stelco, consomment tous une certaine quantité de carbure de silicium. La récession économique du début des années 1980, qui a affecté la demande d'acier et de fonte, a donc eu un effet négatif sur la consommation de carbure de silicium dans ce secteur. De plus, son prix élevé et la présence de carbone aurait incité les producteurs d'acier à réduire le taux d'utilisation du SiC.

Au cours des prochaines années, l'on prévoit une demande accrue pour les fontes dans les pays industrialisés, ce qui aurait un effet positif sur la demande de désoxydants. Les pays en voie de développement envahissent le marché avec des fontes de plus faible qualité, alors que les producteurs des pays industrialisés cherchent à augmenter la qualité de leurs produits afin de maintenir leur part du marché.

Le ferro-silicium remplace, cependant, de plus en plus le carbure de silicium en raison d'un rapport qualité/prix plus avantageux et de l'absence de carbone. En métallurgie, la croissance sera donc très faible, sinon nulle, au cours des prochaines années.

4.1.5 - Autres débouchés

Il existe de nombreux autres domaines industriels qui utilisent le carbure de silicium. Mais ce sont le prix, la qualité, la performance et la durabilité qui détermineront quel produit parmi le carbure de silicium, l'émeri, le grenat, la bauxite fondue, le diamant et l'oxyde de magnésium fondu, entre autres, servira, par exemple:

- à la coupe de la pierre au moyen de scies à câble;
- de matière de charge pour les surfaces rugueuses de plancher ou d'escalier;

- de matière de charge pour le béton résistant à l'usure;
- de revêtement dans les équipements d'élimination des poussières;
- de matière de charge dans les peintures utilisées dans des conditions corrosives ou abrasives.

L'utilisation de carbure de silicium de très haute pureté chimique dans les composantes électriques, comme les résistances, les électrodes pour les piles au sodium, les semi-conducteurs et les paratonnerres représente un marché intéressant et en croissance.

Au cours des dernières années, la recherche a permis la mise au point de composantes d'ingénierie autoliantes très résistantes à l'usure et utilisées à des températures particulièrement élevées. Ainsi, les céramiques à base de SiC sont utilisées, par exemple, dans:

- l'isolation aérospatiale;
- les moteurs d'avion;
- les coussinets à bille;
- les pièces en céramique pour les turbines à gaz et diésels;
- les pièces résistantes à la corrosion (tuyaux, valves, peintures);
- les outils de coupe;
- les pièces d'usure dans les moteurs (revêtement, valves, coussinets);
- les composantes d'échangeurs de chaleur;
- les pièces de structure avec un rapport élevé résistance/poids;
- les barrière thermiques de turbine;
- la mousse à densité variable.

Des entreprises, comme Boeing, General Motors, General Electric, Avco, Carborundum et Norton, s'intéressent aux céramiques

à base de carbure de silicium. Cependant, la consommation de carbure de silicium pour la fabrication de céramiques est encore faible par rapport aux secteurs d'utilisation traditionnels.

En 1981, la consommation nord-américaine des autres débouchés du SiC s'élevait à 4 497 tonnes métriques en hausse de 2 683 tonnes métriques par rapport à 1980, et représentait à peine à 3% de la consommation totale. La consommation de SiC pour la fabrication de céramiques va s'accentuer durant les prochaines années.

4.2 - Commerce international

4.2.1 - Principaux pays exportateurs et importateurs

En Amérique du Nord, le Canada exporte la majorité de sa production de SiC brut vers les États-Unis, qui le réexportent en partie au Canada sous forme de grains, lesquels servent à fabriquer des abrasifs liés et appliqués, ou sous forme de produits finis (tableau 9A). Au cours de la période 1975-1984, le Canada a également exporté vers le Japon, l'Australie, l'Europe de l'Ouest et les pays du Sud-Est asiatique. Les États-Unis se classent au premier rang mondial pour la consommation de carbure de silicium, suivis dans l'ordre par l'Europe de l'Ouest, le Japon et les pays communistes.

En Europe de l'Ouest, les principaux pays producteurs comme la Norvège, les Pays-Bas et l'Italie répondent à leurs propres besoins, ainsi qu'à ceux de pays consommateurs, tels que d'Angleterre, l'Allemagne de l'Ouest et la France. Ils exportent aussi leur carbure de silicium vert (99,8% SiC) vers les États-Unis, le Japon et d'autres pays consommateurs à travers le monde. Il est à remarquer que l'Angleterre répond à tous ses besoins en carbure de silicium en important ce qu'il lui faut d'autres pays européens et du Canada.

TABLEAU 9A

EXPORTATIONS CANADIENNES DE CARBURE DE SILICIUM,

DE 1975 À 1984

PAYS	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
États-Unis	77 719	83 848	80 474	104 412	82 293	69 719	65 811	57 847	64 707	67 703
Japon	-	-	4 876	2 298	1 419	2 446	1 334	1	-	-
Grande-Bretagne	456	1 852	453							
Brésil	224	293								
Grèce	176	255	214	240	189					
Allemagne de l'Ouest	18	147								
Taiwan			402		264	128		35		
Autres					273	121				
TOTAL	78 593	86 395	86 017	107 352	84 438	72 414	67 145	51 883	64 707	67 703

SOURCE: Statistique Canada, cat n° 65-202, Exportations 1975 - 1984

Le Japon, un important pays exportateur de carbure de silicium, répond à la demande des pays du Sud-Est asiatique en plus de ses propres besoins industriels.

4.2.2 - Tarifs douaniers

Les tarifs douaniers varient, selon les pays, pour le SiC brut et en grains, comme l'indique le tableau 9B.

TABLEAU 9B

TARIFS DOUANIERS (NATION LA PLUS FAVORISÉE), AU 1er JANVIER 1983

PAYS	SiC BRUT	SiC EN GRAINS
Canada	7,5 %	en franchise
États-Unis	en franchise	1,0 %
C.E.E.	8,3 %	8,3 %
Norvège	en franchise	en franchise
Japon	5,3 %	5,3 %

À la suite des accords du GATT, les tarifs douaniers au Canada vont diminuer au cours des prochaines années, jusqu'à ce que le SiC entre en franchise, soit le 1er janvier 1987. En Europe, la C.E.E. va réduire ses tarifs douaniers pour le SiC jusqu'à ce qu'ils atteignent 8%, c'est-à-dire le 1er janvier 1987.

5 - APPROVISIONNEMENT: MATIÈRES PREMIÈRES ET ÉNERGIE

5.1 - Nature et coût des matières premières

Le coke de pétrole, formé essentiellement de carbone, et la silice constituent les deux éléments principaux qui entrent dans la fabrication du carbure de silicium brut. La silice (SiO_2) doit être pure à au moins 99,3% et exempte d'impuretés de fer et d'aluminium. La fabrication d'une tonne de carbure de silicium nécessite environ 1,5 tonne de sable de silice et 1,2 tonne de coke de pétrole. On utilise aussi du graphite synthétique, du bran de scie et de l'oxyde d'aluminium en quantités plus réduites.

Au Québec, la compagnie Indusmin, contrôlée à 69% par la compagnie Falconbridge de Toronto, exploite deux carrières de silice, à Saint-Donat et à Saint-Canut, au nord de Montréal. Cette compagnie répond depuis de nombreuses années à la plus grande partie des besoins en sable de silice des usines de SiC au Québec. En 1981, la consommation de sable de silice par les usines québécoises de SiC s'élevait à 82 600 tonnes métriques. Les carrières de la compagnie Indusmin en ont fourni 76 600 tonnes métriques; le reste, soit 6 000 tonnes métriques, était importé des États-Unis, afin de fabriquer un carbure de silicium plus pur. Les prix variaient entre 29$ et 35$ la tonne métrique (livré à l'usine de SiC) pour le sable de silice du Québec et de 42$ à 44$ la tonne métrique (livré à l'usine de SiC) pour le sable de silice importé des États-Unis. Les spécifications et la granulométrie des sables de silice peuvent varier selon les producteurs québécois, comme l'indiquent les tableaux 10A et 10B. Quant au tableau 11, il décrit les spécifications techniques du coke de pétrole brut utilisé dans l'industrie du carbure de silicium brut.

TABLEAU 10A

SPÉCIFICATIONS DES SABLES DE SILICE, PAR PRODUCTEUR QUÉBÉCOIS

CONSTITUANT		SOHIO ÉLECTRO MINERAL (%)	NORTON CANADA INC. (%)	ELECTRO DU CANADA INC. (%)
SiO_2	Min.	99,35	99,3 - 99,5	99,7
Al_2O_3	Max.	0,08	0,15 - 0,20	0,20 - 0,25
Fe_2O_3	Max.	0,20	0,05 - 0,10	0,03 - 0,05
CaO	Max.	-	0,05	0,011
MgO	Max.	-	-	-
Autres impuretés	Max.	-	0,05	-
Perte au feu		0,03	0,15 - 0,20	-

TABLEAU 10B

GRANULOMÉTRIE DES SABLES DE SILICE, PAR PRODUCTEUR QUÉBÉCOIS

N° TAMIS ÉTATS-UNIS	SOHIO ÉLECTROMINERAL (%)	NORTON CANADA INC. (%)	ELECTRO DU CANADA INC. (%)
Surface # 8	1	0	4
Surface # 10	Variable	0	Variable
Surface # 20	Variable	Variable	90,0 (min.)
Surface # 30	80,0 (min.)	Variable	Variable
Surface # 50	0	80,0 (min.)	Variable
Surface # 100	0	0	0

SOURCE: La silice dans l'Est canadien, ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, avril 1983.

TABLEAU 11

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DU COKE DE PÉTROLE BRUT

CONSTITUANT		%
Carbone fixe	Min.	83,0
Matières volatiles	Max.	12,0
Soufre	Max.	3,5
Cendres	Max.	0,5
Azote (N)	Max.	1,0
Oxyde de calcium (CaO)	Max.	0,05
Autres impuretés	Max.	0,1
Taux d'humidité		5-12

SOURCE: Norton Canada

En ce qui touche le coke de pétrole brut, ce sont d'importants distributeurs américains qui le font parvenir en totalité des États-Unis au Québec par chemin de fer. La teneur en carbone du coke utilisé influe sur la qualité du carbure de silicium. Par exemple, le carbure de silicium vert pâle (99,5 %) est produit à partir d'un coke très pur, à basse teneur en soufre, qui coûte plus cher. On utilise du coke de pétrole calciné à haute teneur en carbone (99%C) afin de pouvoir remplacer le graphite synthétique perdu lors de la réaction dans le four.

On estime que la quantité de coke de pétrole consommée, en 1981, par les usines québécoises de SiC s'est élevée à environ 50-60 000 tonnes métriques. Les prix du coke de pétrole ont atteint un sommet de 100 $/tonne métrique, f.à.b. à Montréal, en 1980, suivant en cela les prix du pétrole pour ensuite passer à environ 55-65 $/tonne métrique, en 1983, avec la baisse de la demande et la stabilisation des prix du pétrole. Les hausses, en raison de la reprise dans le secteur de l'aluminium, consommateur important de coke de pétrole, ont été très fortes au cours des dernières années, si bien que le prix de la tonne métrique atteint actuellement 100$.

5.2 - Type d'énergie utilisé

L'électricité d'origine hydraulique constitue un attrait extrêmement important pour les fabricants de carbure de silicium, en raison de son faible coût par rapport aux autres formes d'énergie électrique. Le procédé de fabrication du carbure de silicium est très "énergivore", car il nécessite jusqu'à 8 000 kWh par tonne métrique pour le "noir" et 18 000 kWh par tonne métrique pour le "vert". Le coût de l'électricité représentait, en 1983, jusqu'à 35% du coût de production, comparativement à 20% au début des années 1970, dans les usines québécoise. Dans d'autres pays moins favorisés, le coût de l'électricité peut représenter 50% et même 60% du coût total de production.

C'est pour cela que la plupart des usines ont été construites dans des régions riches en énergie hydroélectrique. Le Québec représente donc, pour les producteurs, un endroit attrayant, en raison, justement, de l'abondance et du faible coût de son électricité. Les producteurs de carbure de silicium sont soumis au tarif "L" d'Hydro-Québec. Le tableau ci-dessous illustre les variations du tarif "L", au cours de la période 1979-1983.

TABLEAU 12

ÉVOLUTION DU TARIF D'ÉLECTRICITÉ "L", DE 1979 à 1983

	1979	1980	1981	1982	1983
Puissance ($/kWh)					
30 000 premiers kWh	5,01	5,16	5,19	4,65	4,98
Le reste	4,71	4,92	5,10	4,65	4,98
Énergie consommée (¢/kWh)					
120 premiers kWh	1,2	1,5	1,75	2,1	2,25
300 000 kWh suivants	1,0	1,35	1,65	1,82	1,95
2 100 000 kWh suivants	0,85	1,2	1,45	1,82	1,95
Le reste	0,65	0,75	1,0	1,25	1,35

SOURCE: Hydro-Québec

Le tableau 13 résume la consommation québécoise d'électricité pour les principaux produits de la chimie minérale dont la fabrication nécessite beaucoup d'électricité. On constate qu'à part l'aluminium, le phosphore et le ferro-silicium (75% Si), le carbure de silicium présente le rapport kWh par tonne métrique le plus élevé. En raison de sa faible production, le carbure de silicium ne représente cependant que 9% de la puissance totale, parmi les principaux produits de la chimie minérale fabriqués au Québec.

TABLEAU 13

CONSOMMATION QUÉBÉCOISE D'ÉLECTRICITÉ, PRINCIPAUX PRODUITS DE LA CHIMIE MINÉRALE, FABRICATION À FORTE CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ (5 MW ET PLUS)

PRODUITS DE LA CHIMIE MINERALE	CAPACITÉ DE PRODUCTION (000 t)	PUISSANCE		FACTEUR
		Quantité (MW)	%	kWh/t
Phosphore	24.0	48	6	13 500
Carbure de silicium	60,5	65	9	8 000
Electrodes de graphite (1)	12,8	13	1	7 000
Chlorate de sodium	173,5	102	14	5 400
Chlore-soude caustique	400,0	150	20	3 300
Bioxyde de titane	860,0	350	47	2 800
Carbure de calcium	65,0	20	3	3 000
T O T A L	1 595,8	748	100	

(1) Usine de Berthierville seulement.

Le tableau 14 indique quelles étaient en 1980, la puissance et la consommation d'électricité des usines québécoises de carbure de silicium.

TABLEAU 14

PUISSANCE ET CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ DES USINES QUÉBÉCOISES DE SiC, EN 1980

COMPAGNIE	PUISSANCE (MW)	CONSOMMATION (000 MWh)	FACTEUR D'UTILISATION
Sohio Électro Minérale	36,95	264	90
Norton Canada Inc.	18,72	120	87
Electro du Canada	6,95	60	93
T O T A L	62,62	444	

SOURCE: Hydro-Québec.

En 1979 et en 1980, les coûts de l'électricité pour les usines québécoises de carbure de silicium se sont élevés respectivement à 6,4 et 7,2 millions de dollars canadiens. Au cours des prochaines années, la hausse des coûts de l'électricité des usines de SiC sera fonction de l'augmentation du tarif "L" d'Hydro-Québec.

À l'échelle mondiale, la hausse du coût de l'électricité a affecté la viabilité des usines de carbure de silicium. Aux États-Unis, la compagnie Carborundum a fermé son usine de Jackboro au Tennessee, en 1979, à cause d'une hausse de 600% des tarifs d'électricité en 9 ans. En Europe, la compagnie ouest-allemande ESK Corporation estimait, en 1982, que le coût de l'électricité représentait 60% de son coût de production, à son usine de Delfzijl, aux Pays-Bas. Afin d'éviter la fermeture de l'usine, la direction d'ESK parvint à négocier l'achat d'un bloc d'électricité plus économique avec une société publique d'Allemagne de l'Ouest.

6 - ENVIRONNEMENT

6.1 - Législations

À la fin de 1979, un règlement relatif à la qualité de l'atmosphère entrait en vigueur, et c'est le ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ) qui avait la responsabilité de le mettre en application. A la suite d'une enquête, le MENVIQ avait identifié l'industrie du carbure de silicium comme étant une source importante de la pollution atmosphérique au Québec. L'état désuet des installations québécoises de cette industrie n'est donc pas étranger à la politique d'assainissement de l'air du gouvernement du Québec.

6.2 - Programmes gouvernementaux

Au début de 1982, les autorités du MENVIQ demandaient officiellement aux entreprises de préparer un programme d'assainissement de l'air rejeté par les usines de carbure de silicium, en utilisant la meilleure technologie de dépollution disponible dans l'industrie. Cette demande s'inscrivait dans le cadre du programme de dépollution atmosphérique du secteur industriel.

Afin de répondre aux exigences du MENVIQ, la compagnie Carborundum a présenté, en 1982, un programme d'assainissement de l'air d'environ 8 millions de dollars, étalé sur trois ans. De son côté, Norton Canada a soumis un programme d'environ 10 millions de dollars, réparti sur 5 ans. Jusqu'à maintenant, il faut souligner les efforts de ces entreprises pour mettre au point une méthode de traitement, économique et techniquement utilisable, qui permet de réduire les émissions de polluants dans l'air. La mise au point et l'utilisation, à titre d'essai, d'un nouveau four pour contrôler les émissions de poussières de silice à l'usine de Norton, à Cap-de-la-Madeleine, montrent que l'industrie est soucieuse de se conformer aux normes gouvernementales.

6.3 - Mesures de protection de l'environnement à l'échelle mondiale

À l'échelle mondiale comme au Québec, les usines de carbure de silicium brut sont en général désuètes et polluantes. En Europe, la compagnie ESK Corporation fut obligée de fermer ses usines de SiC en Allemagne de l'Ouest dans les années 1970 à la suite de mesures de protection de l'environnement. Ces pressions du gouvernement ouest-allemand a incité la direction d'ESK Corporation à implanter des usines aux États-Unis, aux Pays-Bas, tel que mentionné plus haut, et au Brésil.

Les gouvernements ont même entamé des poursuites judiciaires contre les entreprises afin de les forcer à réduire leurs taux d'émissions gazeuses polluantes. On peut mentionner deux cas aux États-Unis: les compagnies Satellite Alloy et Carborundum. En 1980, l'usine de Springdale, en Pennsylvanie, de la compagnie Satellite Alloy, a été poursuivie en justice pour violation de la loi sur la pollution de l'air. Elle fut condamnée à 10 000 $ d'amende pour le premier jour d'infraction et à 2 500 $ pour chacun des jours suivants, soit une somme totale de 2,3 millions de dollars U.S. Elle devait aussi soumettre un programme d'assainissement de l'air aux autorités de l'État. Quant à la compagnie Carborundum, elle fut poursuivie par l'agence de protection de l'environnement (EPA) pour avoir violé la loi fédérale sur la pollution de l'air, à la fin de 1980. On estime les amendes imposées à environ 25 000 $ par jour, pour une période s'étendant du 7 août 1977 au 22 décembre 1980, soit un total de 10 millions de dollars U.S.

En Ontario, le ministère de l'Environnement exerce des pressions très fortes afin d'amener l'usine de Thorold, de la compagnie Exolon, à se conformer à la loi sur l'assainissement de l'air. Par contre, la nouvelle usine de General Abrasives, construite à la fin des années 1970, ne subit aucune pression, car elle répond aux exigences du ministère.

7 - INVESTISSEMENTS, RENTABILITÉ ET FINANCEMENT

Au cours des dernières années, il n'y a eu aucun investissement important dans l'industrie québécoise du carbure de silicium. Certains montants ont été dépensés afin de réduire les émissions polluantes dans l'air pour satisfaire en partie les normes de protection de l'environnement. La majeure partie des profits engendrés par les usines du Québec n'ont pas été réinvestis et ont été transférés aux États-Unis. En Ontario, la compagnie General Abrasives a réinvesti dans une toute nouvelle usine qui semble productive et rentable.

On reconnaît que les installations actuelles, tant au Québec qu'en Ontario, à l'exception de l'usine de General Abrasives, sont désuètes et auront besoin d'investissements importants afin de maintenir leur compétitivité à l'échelle mondiale.

8 - RESSOURCES HUMAINES ET PRODUCTIVITÉ

Selon Statistique Canada, l'industrie du carbure de silicium est classée dans les fabricants d'abrasifs, qui font partie des "Produits minéraux non métalliques divers". Cette classe comprend la production de carbure de silicium, d'alumine fondue, de meules et de produits à revêtement abrasif. La liste des fabricants canadiens avec le type de production d'abrasifs se trouve à l'annexe 2 du présent document.

Le Québec ne comprend que 4 fabricants d'abrasifs, surtout de carbure de silicium, contre 16 pour l'Ontario. Ceci se reflète, bien entendu dans le nombre d'emplois. Le Québec ne compte qu'environ 18% des emplois dans le secteur des abrasifs, alors qu'en Ontario, c'est approximativement 80% des travailleurs de cette industrie, que l'on retrouve. Le tableau 15 illustre bien cette différence entre le Québec et l'Ontario.

TABLEAU 15

EMPLOIS AU QUÉBEC, EN ONTARIO ET AU CANADA DANS LE SECTEUR DES ABRASIFS, EN 1971 ET DE 1975 À 1982

ANNÉE	QUÉBEC	ONTARIO	CANADA	% QUÉBEC
1971	329	1,981	2,310	14
1975	427	1,891	2,318	18
1976	425	2,110	2,535	17
1977	495	2,062	2,557	19
1978	513	2,165	2,678	19
1979	460	2,200	2,660	17
1980	475	2,153	2,628	18
1981	446	2,125	2,571	17
1982	365	1,805	2,170	17

SOURCE: Statistique Canada, cat. n° 44-202, Fabricants d'abrasifs, 1971-1980.
Statistique Canada, cat. no 44-220, Produits minéraux non métalliques, 1981 et 1982.

Le secteur des abrasifs représentait en 1981 une masse salariale de 9,5 millions de dollars au Québec, comparativement à 42,1 millions de dollars en Ontario.

Au cours de la période de 1977 à 1982, les salaires moyens dans ce secteur au Québec ont augmenté de 53,2%, tandis qu'au Canada, ils ont grimpé de 45,6%. La valeur des livraisons de carbure de silicium pendant la même période n'a augmenté que de 37,3% au Canada. Les tableaux 16 et 17 présentent respectivement la masse salariale au Québec et la comparaison entre le Québec et le Canada pour la moyenne annuelle des salaires, pour la période 1977 - 1982.

GRAPHIQUE 4

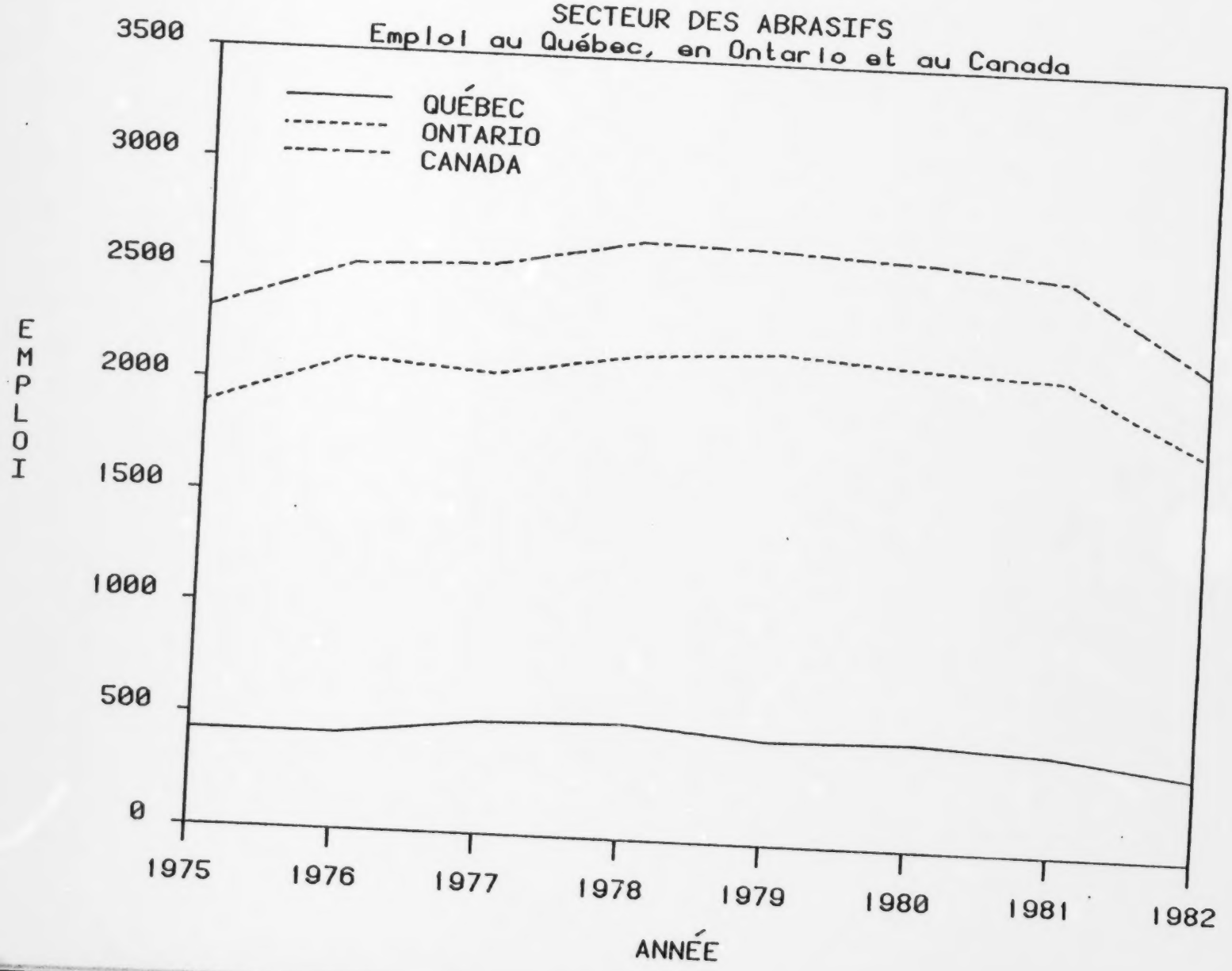

SECTEUR DES ABRASIFS
Emploi au Québec, en Ontario et au Canada
QUÉBEC
ONTARIO
CANADA
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
EMPLOI
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
ANNÉE

TABLEAU 16

MASSE SALARIALE AU QUÉBEC ET AU CANADA, DE 1977 à 1982

ANNÉE	QUÉBEC			CANADA
	EMPLOIS DIRECTS	EMPLOIS INDIRECTS	TOTAL	TOTAL
	(000 $)	(000 $)	(000 $)	(000 $)
1977	5 627	1 267	6 894	35 230
1978	6 296	1 460	7 756	40 800
1979	6 140	1 810	7 950	45 853
1980	6 413	1 972	8 385	47 257
1981	7 273	2 241	9 514	51 595
1982	5 334	1 490	7 824	43 381

SOURCE: Statistique Canada, cat. n° 44-202, Fabricants d'abrasifs, 1977 - 1980.
Statistique Canada, cat. n° 44-220, Produits minéraux non métalliques, 1981-1982.

TABLEAU 17

COMPARAISON ENTRE LE QUÉBEC ET LE CANADA POUR LA MOYENNE DES SALAIRES DANS LES ABRASIFS ET LES PRODUITS MINÉRAUX NON MÉTALLIQUES, DE 1977 À 1982

ANNÉE	ABRASIFS		PRODUITS MINÉRAUX NON MÉTALLIQUES
	QUÉBEC ($)	CANADA ($)	CANADA ($)
1977	13 927	13 778	15 126
1978	15 119	15 235	16 184
1979	17 283	17 238	17 760
1980	17 653	17 982	19 263
1981	21 332	20 068	-
1982	21 435	22 295	-

SOURCE: Statistique Canada, cat. n° 44-202, Fabricants d'abrasifs, 1977-1980.
Statistique Canada, cat. n° 44-220, Produits minéraux non métalliques, 1981-82.

Comme le montre le tableau 17, les salaires moyens versés au Québec dans le secteur des abrasifs sont semblables à ceux des travailleurs canadiens oeuvrant à la fabrication d'autres produits minéraux non métalliques, comme le ciment, la chaux et les réfractaires. Quant au nombre d'emplois et à la masse salariale du secteur, l'Ontario domine de loin le Québec. Depuis de nombreuses années, le ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec favorise la transformation en aval des abrasifs de base en raison du grand nombre d'emplois qu'on peut y créer. Ses efforts ont abouti à l'implantation de la compagnie Abmast à Saint-Hyacinthe, qui a créé une trentaine d'emplois et effectué des livraisons d'environ un million de dollars, en 1984.

9 - CONCURRENCE INTERNATIONALE

9.1 - Principales entreprises à l'échelle mondiale

La compagnie américaine Carborundum est le plus important producteur de carbure de silicium dans le monde "non communiste", suivie de la compagnie ouest-allemande ESK Corporation et de la compagnie américaine Norton.

Le tableau 18 donne la capacité de production et l'emplacement des usines de ces trois importantes entreprises. Cette capacité représentait 35-40% de la capacité de production mondiale de SiC, en 1983. Quant aux autres entreprises, la capacité annuelle de production moyenne de leurs usines ne dépasse pas 10 000 tonnes métriques. Le niveau élevé de production de carbure de silicium de ces trois entreprises leur permet de maintenir leur position concurrentielle par rapport aux petits producteurs.

La baisse de la demande, l'augmentation des coûts de l'électricité et les mesures de protection de l'environnement ont forcé plusieurs entreprises à fermer leurs portes ou à sous-utiliser

leur capacité de production. Les coûts de l'électricité jouent un rôle important surtout en Europe en ce qui a trait à l'utilisation de la capacité de production.

TABLEAU 18

CAPACITÉ DE PRODUCTION DES PRINCIPAUX PRODUCTEURS DE SiC À L'ECHELLE MONDIALE, EN 1983

COMPAGNIE	CAPACITÉ DE PRODUCTION (000 t)	%	EMPLACEMENT DES USINES
CARBORUNDUM U.S.	5,0		Afrique du Sud
	12,0		Brésil
	35,0		Shawinigan, Canada
	42,0		Arendal, Norvège
	11,0		Vera Cruz, Mexique
Total partiel	105,0	16,5	
ESK CORPORATION	46,0		Delfzijl, Pays-Bas
	27,0		Hennipin, U.S.
	6,0		Barbença, Brésil
Total partiel	79,0	12,4	
NORTON U.S.	18,0		Cap-de-la-Madeleine Canada
	20,0		Lillesand, Norvège
	15,0		Inde
Total partiel	53,0	8,3	
TOTAL	237,0	37,3	
CAPACITÉ	635,5		

Il faut souligner que les principales compagnies américaines sont fortement intégrées, allant de la production de l'abrasif de base jusqu'à l'abrasif lié et appliqué. La société Norton U.S. contrôle environ 25% du marché mondial des abrasifs, suivie de la compagnie Carborundum, avec 10-12%. Le reste du marché est partagé entre de nombreuses compagnies et la part de marché de chacune ne dépasse pas 5%. En juin 1983, SOHIO, propriétaire de la compagnie Carborundum U.S. annonçait son

retrait du secteur des abrasifs, à cause de pertes financières importantes et les perspectives peu encourageantes de ce secteur fortement concurrentiel.

9.2 - Compétitivité des entreprises québécoises

En 1983, on estime que le Québec détenait 64% de la capacité de production canadienne et 49% de la capacité nord-américaine, ce qui confirme son degré élevé de compétitivité. Cependant, les usines actuelles sont désuètes et font face à des pressions concernant la protection de l'environnement, comme celles de l'Ontario, d'ailleurs. On reconnaît qu'elles auront besoin d'investissements importants, au cours des prochaines années, afin de faire face à ces pressions et d'améliorer leur productivité.

9.3 - Prix du carbure de silicium

Comme l'indiquent les tableaux 19 et 20, les prix du SiC varient selon la qualité du produit et l'application à laquelle on le destine.

TABLEAU 19

PRIX DES DIFFÉRENTS TYPES DE SiC, EN 1983

TYPE	PRIX FAB USINE $ US/t
Type métallurgique (90%)	545
Type "Wire saw" (99%)	1 100
Grains de SiC noir (99%)	1 260
Grains de SiC vert (99,5%)	1 680

TABLEAU 20

PRIX DU SiC VERT ET DU SiC NOIR EN EUROPE, EN 1983

CARBURE DE SILICIUM POUR ABRASIFS		PRIX C.A.F.(1) EUROPÉEN $ US/t
Noir (99%)	Type 1	430 - 470
	Type 2	385 - 450
Vert (99,5%)		560 - 630

(1) C.A.F.: Coût, assurance et fret inclus.
SOURCE: Industrial Minerals, juin 1983.

9.4 - Produits concurrents

Les superabrasifs comme le nitrure de bore, l'oxyde de zirconium et le diamant synthétique représentent de sérieux concurrents pour le carbure de silicium, comme abrasifs industriels. L'augmentation des coûts de la main-d'oeuvre, de l'équipement et des temps morts dus au refroidissement des pièces usinées, ont contribué à faire en sorte que le coût de l'abrasif utilisé ne représente souvent que 10% ou moins du coût total des opérations de polissage, de coupe et d'ébarbage des pièces usinées. Cependant, en dépit d'une performance supérieure, le coût élevé à l'achat force encore les industriels à hésiter entre les superabrasifs et les abrasifs ordinaires, tels que l'alumine fondue et le carbure de silicium.

Le tableau 21 montre la demande des principaux abrasifs synthétiques, pour le secteur industriel, durant les années 1978, 81 et 82, au Canada et aux États-Unis.

Le diamant représente au-delà de 40 % de la valeur des abrasifs synthétiques utilisés dans l'industrie. Cependant, le diamant est peu important sur le plan des quantités utilisées, par rapport à l'alumine fondue et au carbure de silicium. La valeur de ces trois principaux abrasifs s'élevait à 200 millions de dollars, en 1982, soit environ 50 % du marché total des abrasifs industriels, estimé à 400 millions de dollars, au Canada et aux États-Unis.

TABLEAU 21

ABRASIFS INDUSTRIELS AU CANADA ET AUX ETATS-UNIS, 1978, 1981 et 1982

ABRASIF	ANNÉE		
	1978	1981	1982 (1)
Diamant industriel			
Millions de carats	28,7	57	53
Valeur (000 $) (2)	63 140	108 870	101 000
Carbure de silicium			
Quantité (000 t)	165,1	141,5	101,6
Valeur (000 $) (2)	51 371	68 389	54 000
Alumine fondue			
Quantité (000 t)	128,8	184,2	119,8
Valeur (000 $) (2)	46 633	73 712	46 000
TOTAL, VALEUR (000 $) (2)	161 144	250 971	201 000

(1) Production de 9 mois.
(2) Dollars U.S.

SOURCE: Chemical week, juillet 1981.

10 - RECOMMANDATIONS: PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR

En général, le Canada, par sa capacité de production et le degré de compétitivité de ses usines, détient une position privilégiée dans l'industrie du carbure de silicium, fortement dépendante des tarifs d'électricité.

Au Québec, le ministère de l'Environnement a identifié, depuis plusieurs années, ce secteur comme une source importante de pollution de l'air. On a conclu que nos installations québécoises polluent parce qu'elles sont vétustes. Les pressions exercées par le MENVIQ afin d'améliorer la qualité de l'air ambiant et les coûts qui accompagnent ces exigences auront pour effet d'affecter sensiblement le degré de compétitivité des usines québécoises dans le contexte international. Cependant, il faut reconnaître que l'Ontario exerce des pressions semblables envers l'usine de Thorold, de la compagnie Exolon Canada Inc. Les États-Unis sont aussi sensibles à la pollution de l'air produite par les usines de SiC. Il faudra donc s'assurer que les pressions du MENVIQ correspondront à celles de l'Ontario et des États de Pennsylvanie et d'Illinois, aux États-Unis, afin de conserver l'équilibre compétitif du secteur.

À la suite de ces pressions relatives à la protection de l'environnement, les dirigeants de ce secteur devront réinvestir dans les installations québécoises afin de les moderniser et de maintenir leur compétitivité. À cette fin, ils devront améliorer la productivité des usines actuelles pour compenser les coûts causés par les modifications reliées à l'application de mesures de protection de l'environnement.

Le coût de l'électricité constitue un facteur important quant au choix d'un emplacement pour les fabricants de carbure de silicium. Tout nouveau projet d'implantation au Québec devrait être sérieusement analysé sous l'angle des retombées socio-économiques.

Dans sa stratégie pour attirer des entreprises de ce secteur, le Québec devrait chercher à susciter, à cause des retombées socio-économiques supérieures d'un tel projet, l'implantation d'une entreprise intégrée, qui, en plus de produire du SiC, fabrique, par exemple, des meules et des produits à revêtement abrasif. Cependant, la dimension plutôt limitée de l'industrie du carbure de silicium à l'échelle mondiale et la présence de substituts moins coûteux rendent peu probable l'implantation d'une nouvelle unité de production au Québec, à court terme. L'industrie du carbure de silicium a besoin de conquérir de nouveaux marchés avant de pouvoir envisager des expansions importantes sur le plan de la production. Les nouvelles usines serviront avant tout à remplacer les unités de production désuètes ou ne disposant pas d'énergie électrique à bas prix.

11 - CONCLUSION

Au Québec, l'industrie du carbure de silicium est peu intégrée en aval, mais l'est fortement en amont, car elle peut s'approvisionner facilement en électricité à bas prix et en silice.

En général, les périodes de décroissance économique favorisent l'utilisation de produits substituts moins coûteux que ceux à base de carbure de silicium. On remarque que le marché canadien est faible par rapport à celui des États-Unis et de l'Europe. Ceci n'empêche pas que le Canada détenait, à la fin de 1983, 24% de la capacité mondiale de production, ce qui lui valait le premier rang. La disponibilité d'électricité à bas prix constitue pour le Canada et le Québec, depuis plusieurs années, un énorme avantage concurrentiel. Et pour maintenir cet avantage concurrentiel pour ses usines de carbure de silicium, le Québec doit, par l'entremise d'Hydro-Québec, mettre au point une politique de tarification industrielle qui répond bien aux besoins du secteur.

Selon une firme américaine, l'avenir du carbure de silicium s'avèrerait prometteur si la valeur de la production augmentait d'environ 18% par an, au cours des cinq prochaines années. Afin de bénéficier de cette croissance et des retombées économiques qui en découleraient, le Québec devra établir une stratégie de promotion qui s'appuie sur la disponibilité à long terme de tarifs d'électricité avantageux et tient compte du secteur industriel en aval.

ANNEXE 1

ÉCHELLES DE DURETÉ DE DIFFÉRENTS ABRASIFS

	KNOOP	MOHS
Diamant	8 200	10,0
Nitrure de bore cubique	4 700	9,7 - 9,8
Carbure de bore	2 800	9,5
Carbure de silicium	2 500	9,4
Oxyde d'aluminium et de zirconium	nd	nd
Alumine fondue	1 950 - 2 200	9,0
Émeri	1 800	7,9
Fonte	1 190 - 2 200	8,0
Grenat	788 - 1 190	7,5 - 8,0
Acier	780 - 1 190	7,0 - 8,0
Silice	788	7,5
Pierre ponce	560	5,5 - 6,5
Scories diverses	560 - 820	6,0 - 7,0
Olivine	560 - 820	6,0 - 7,0
Feldspath	560	6,0

SOURCE: Industrial Minerals, Abrasives - taking the rough with the smooth, novembre 1978.

ANNEXE 2

LISTE DES PRODUCTEURS CANADIENS ET AMÉRICAINS, EN 1980

RÉGION	COMPAGNIE	EMPLACEMENT DE L'USINE	REMARQUES
QUÉBEC	Carborundum	Shawinigan	Filiale de Carborundum U.S., maintenant SOHIO
	Norton Canada	Cap-de-la-Madeleine	Filiale de Norton U.S.
	Electro du Canada	Cap-de-la-Madeleine	Filiale de Ferro Corp. Fermée en juin 1983
ONTARIO	Norton Canada	Niagara Falls	Fermée en 1980
	Norton Canada	Chippawa	Fermée en 1980
	Exolon	Thorold	Filiale d'Exolon U.S.
	General Abrasives	Thorold	Filiale de Dresser Industries
ÉTATS-UNIS	Carborundum	Niagara Falls, N.Y.	Fermée en 1980
	Carborundum	Jackboro, Tenn.	Fermée en 1979
	Carborundum	Vancouver, Wash.	Fermée en 1982
	ESK Corporation	Hennipin, Ill.	Filiale de la compagnie ouest-allemande ESK
	Satellite Alloy Corporation	Springdale, Penns.	SiC de qualité métallurgique

ANNEXE 3

LISTE DES FABRICANTS CANADIENS DU SECTEUR DES ABRASIFS, EN 1984

PROVINCE	EMPLACEMENT	COMPAGNIE	PRODUIT(S)
QUÉBEC	Shawinigan	Carborundum Canada	Carbure de silicium
	Cap-de-la-Madeleine	Norton Canada Inc.	Carbure de silicium
	Cap-de-la-Madeleine	Electro du Canada	Carbure de silicium(1)
	Saint-Hyacinthe	Abmast	Meules résinoïdes
	Drummondville	Abrasifs Rezbond	Rouleaux et disques enduits d'abrasifs
ONTARIO	Thorold	General Abrasives	Carbure de silicium
	Thorold	Exolon Canada Inc.	Carbure de silicium
	Thorold	Exolon Canada Inc.	Alumine fondue
	Niagara Falls	General Abrasives	Alumine fondue
	Niagara Falls	Washington Mills	Alumine fondue
	Niagara Falls	Norton Canada	Alumine fondue
	Niagara Falls	Carborundum Canada	Alumine fondue
	Niagara Falls	Carborundum Canada	Meules
	Brantford	General Abrasives	Meules
	Brockville	Unicorn Abrasives	Meules
	Hamilton	Norton Canada	Meules
	Hamilton	Canadian Grinding Wheel	Meules
	Hamilton	Wright Abrasives	Meules
	Strathroy	Mid West Abrasives	Meules
	Plattsville	Carborundum Canada	Papier ou toile d'abrasifs
	Brantford	Norton Canada	Papier ou toile d'abrasifs
	London	3M Canada Inc.	Papier ou toile d'abrasifs

(1): Fermée en juin 1983.

ANNEXE 4

LISTE DES PRODUCTEURS DE CARBURE DE SILICIUM, PAR PAYS, EN 1983

PAYS / COMPAGNIE	EMPLACEMENT DE L'USINE	CAPACITÉ DE PRODUCTION ANNUELLE (000 t)
A) EUROPE DE L'OUEST		
1- Allemagne:		
Lonza - Werke GmbH	Waldshut-Tiengen	20
2- Espagne:		
Navarro SA	Leon Vadillos (Cuenca)	12
3- France:		
Société française d'électrométallurgie (SOFREM)	Aiguebelle (Savoie) La Bathie (Savoie)	18
4- Italie:		
Samin Abrasivi SpA	Scurelle (Valsuguana)	
Samin Abrasivi SpA	St-Michele all Adège (Trente)	25
5- Norvège:		
Arendal Smelteverk A/S	Arendal	42
Norton A/S	Lillesand	20
Orkla Exolon A/S & Co.	Orkanger	15
6- Hollande:		
Electroschmelzwerk Kempten GmbH (ESK)	Delfzijl	46
7- Suisse:		
Lonza AG	Bodio (Tessin)	10
TOTAL / EUROPE DE L'OUEST:		208

PAYS / COMPAGNIE	EMPLACEMENT DE L'USINE	CAPACITÉ DE PRODUCTION ANNUELLE (000 t)
B) AMÉRIQUE DU NORD		
1- Canada:		
Sohio Electro Minerale	Shawinigan (Québec)	35
Norton Co.	Cap-de-la-Madeleine (Québec)	18
The Exolon Co.	Thorold (Ontario)	18
General Abrasive	Thorold (Ontario)	20
2- États-Unis:		
ESK Corp.	Hennipin (Illinois)	27
Satellite Alloy Corp.	Springdale (Pennsylvanie)	20
TOTAL / AMÉRIQUE DU NORD:		138
C) AMÉRIQUES CENTRALE ET DU SUD		
1- Argentine:		
Fabril Casale		1,5
2- Brésil:		
Cia Paulista de Ferro Legas	Barbença	6
Carborundum (EMAS)		12
3- Mexique:		
Electrometalurgia	Vera Cruz	11
TOTAL / AMÉRIQUES CENTRALE ET DU SUD:		30,5

PAYS / COMPAGNIE	EMPLACEMENT DE L'USINE	CAPACITÉ DE PRODUCTION ANNUELLE (000 t)
D) **ASIE:**		
1- Inde:		
Grandwell Norton		15
Indian Metal		0,5
2- Japon:		
Pacific Metals Co.	Toyama	25
Shinano Denkiseiren Co.	Nagano	8
Showa Denko KK Co.	Nagano	20
Yakushima Denko Co.	Yakushima	20
TOTAL / ASIE:		88,5
E) **AFRIQUE:**		
1- République d'Afrique du Sud		
Carborundum		5
TOTAL / BLOC NON COMMUNISTE		470,0
F) **BLOC COMMUNISTE:**		
1- Chine:		
VR China		25

PAYS / COMPAGNIE	EMPLACEMENT DE L'USINE	CAPACITÉ DE PRODUCTION ANNUELLE (000 t)
2- Union Soviétique:		
	Zaporoze Wolschki	80
3- Tchécoslovaquie:		
	Benatki	10
4- Pologne:	Kolo	30
5- Allemagne de l'Est	Pisteritz	8
6- Yougoslavie:	Rucke	1,5
TOTAL / BLOC COMMUNISTE:		154,5
TOTAL:		624,5

SOURCE: Chem. Ind., Markt Information,
Silicium carbid hat Walchstumschancen, juin 1983

BIBLIOGRAPHIE

CHEM. IND, Markt Information, juin 1983.

CHEMICAL & ENGINEERING, 21 novembre 1983.

CHEMICAL MARKETING REPORTER, juin 1983, Purchasing management.

CHEMICAL WEEK, juillet 1981.

ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA, Annuaire des minéraux, Carbure de silicium, 1980, 81 et 82.

FENCO-LAVALLIN, Préfaisabilité pour l'implantation d'un complexe de fabrication de carbure de silicium, août 1980.

INDUSTRIAL MINERALS, Abrasives, taking the rough with the smooth, novembre 1978.

INDUSTRIAL MINERALS, février 1983, Niagara Falls Power to Minerals.

INDUSTRIAL MINERALS, décembre 1980, Silicon Carbide, Through hard times.

THE INFORMATION CLEARINGHOUSE INC. FIND/SVP, juin 1983.

MIC, DOCUMENTS INTERNES.

STATISTIQUE CANADA, cat. no. 44-202, Fabricants d'abrasifs 1970, 71, 75, 76, 77, 78, 79 et 80.

STATISTIQUE CANADA, cat. no. 44-220, Produits minéraux non métalliques divers, 1981 et 1982.

U.S. BUREAU OF MINES, MINERALS YEARBOOK, Abrasive Materials, 1970, 1978, 79, 80, 81, 82 et 83.